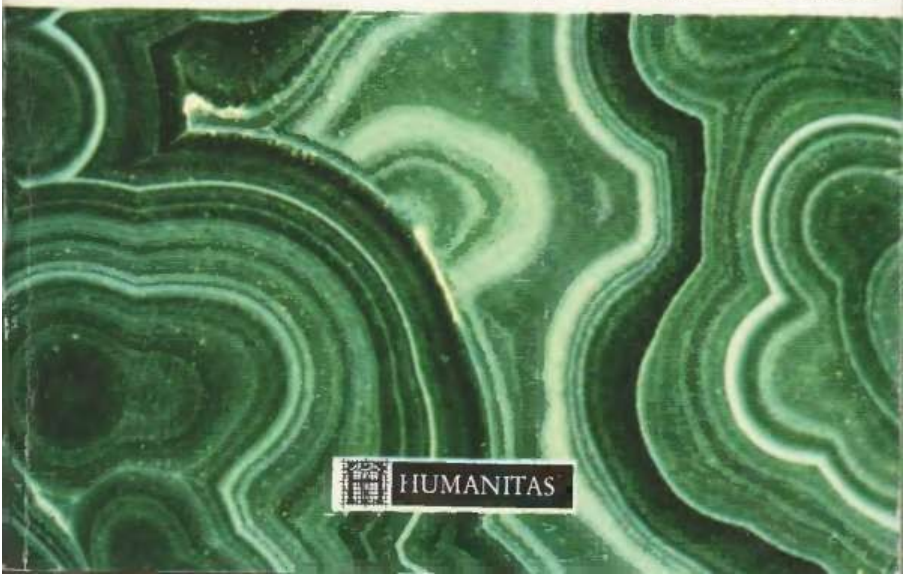
RICHARD DAWKINS

Un rîu pornit din Eden

CODUL GENETIC, COMPUTERUL ȘI EVOLUȚIA SPECIILOR



HUMANITAS

SCIENCE MASTERS

Seria SCIENCE MASTERS, publicată simultan în peste 25 de limbi, va cuprinde 12 cărți de difuzare a informației științifice într-o formă atractivă, accesibilă publicului larg. Oameni de știință eminenți din domenii ce merg de la astrofizică pînă la zoologie își fac cunoscute aici ideile și teoriile cele mai noi.

Eu văd acest proiect ca pe un năvod aruncat peste lume. Recolta va fi următoarea generație de gînditori și oameni de știință ai planetei noastre.

DANIEL C. DENNETT

Pentru Richard Dawkins, profesor de zoologie la Universitatea Oxford și autor de *bestseller*-uri științifice, evoluția este « rîul pornit din Eden » de care vorbește Biblia, un rîu al informației purtate de ADN, în curgerea căruia genele se unesc, concurează și uneori se separă, formînd specii noi. Ideea sa, bazată pe strania asemănare dintre codul genetic și computer, este că ființa umană funcționează ca o « mașină de supraviețuire », astfel programată de « inginerul divin » încît să își transmită propria bază de date.

Acest model informatic îi permite lui Dawkins să explice o serie de chestiuni controversate: cum a explodat « bomba replicației » numită viață; cum au evoluat speciile și care este cauza diversității lor; de ce copacii din păduri sînt înalți cu toate că e mai « economic » să fie scunzi; care e cauza raportului egal între sexe, cînd sînt de ajuns puțini masculi pentru a fecunda un număr mare de femele; de ce moștenim genele unor maladii fatale; sau, în sfîrșit, cine este cel mai îndepărtat strămoș comun al nostru.

ISBN 973-28-0615-x

Foto copertă: LIVIU ANZULATO

O SERIE LANSATĂ CONCOMITENT ÎN PESTE 50 DE ȚĂRI

RICHARD DAWKINS predă la Universitatea Oxford şi este cercetător la New College. Este autorul a două bestsellers-uri, *The Blind Watchmaker,* care a obţinut Premiul Societăţii Regale de Literatură şi Premiul Cărţii Ştiinţifice *Los Angeles Times,* şi al încă şi mai celebrului *The Selfish Gene.* Este de asemenea autorul unei lucrări de specialitate, *The Extended Phenotype.* Francis Crick, laureat al Premiului Nobel, cel care a descoperit structura ADN-ului, scria despre *The Blind Watchmaker:* „Vă îndemn, pentru a vă salva sufletul, să citiţi cartea lui Dawkins.”

RICHARD **D**AWKINS

UN RÂU PORNIT DIN EDEN

Codul genetic, computerul şi evoluţia speciilor

Traducere de
ELENA-MARCELA BADEA şi DAN OPRINA

HUMANITAS

În memoria lui
HENRY COLYEAR DAWKINS (1921-1992),
membru al Colegiului St. John’s, Oxford –
un maestru în arta de a face lucrurile clare.

Şi din Eden ieşea un râu care uda raiul
Facerea 2, 10

PREFAŢĂ

Se zice-n popor că Natura ar fi
Nume-al miliardelor de miliarde
De particule ce-n veci s-or lovi
În joc de biliarde biliarde biliarde.
PIET HEIN

Piet Hein surprinde esenţa clasică a lumii fizicii. Dar când ricoşeurile biliardelor de atomi încearcă să alcătuiască un obiect care are o anumită proprietate, aparent neînsemnată, ceva important se întâmpla în univers. Acea proprietate este o capacitate de a auto-replicare; adică, obiectul este capabil să folosească materialele din jur pentru a face copii exacte sieşi, inclusiv copii cu defecte aşa de mici în copiere cât pot să apară în mod sporadic. Ce poate urma din această întâmplare singulară, oriunde în univers, este selecţia darwinistă şi de aici înainte extravaganţa barocă pe care, pe această planetă, o numim viaţă. Niciodată atât de multe fapte nu au fost explicate prin aşa de puţine presupuneri. Nu numai că teoria darwinistă stăpâneşte marea putere de a explica. Economia ei în realizarea acestui lucru are o eleganţă viguroasă, o frumuseţe poetică ce depăşeşte chiar şi cele mai obsedante mituri despre originea lumii. Unul dintre scopurile mele în scrierea acestei cărţi a fost acela de a acorda recunoaşterea cuvenită calităţii stimulatoare a înţelegerii noastre actuale a lumii darwiniste. În Eva mitocondrială este mai multă poezie decât în tiza ei mitologică.

Caracteristica vieţii care, cu cuvintele lui David Hume, „îi farmecă cel mai mult pe toţi oamenii care au contemplat-o

vreodată”, este complexitatea detaliilor cu care mecanismele ei – mecanisme pe care Charles Darwin le-a numit „organe complicate de o extremă perfecţiune” – îndeplinesc un scop vădit. O altă caracteristică a vieţii de pe acest pământ care ne impresionează este luxurianta ei diversitate: măsurată prin estimarea numărului de specii, există câteva zeci de milioane de căi diferite de a supravieţui. Un alt scop al meu este acela de a-i convinge pe cititori că expresia „căi de a supravieţui” este sinonimă cu „căi de transmitere a textelor codificate ADN spre viitor”. Râul meu este un râu de ADN care curge şi se ramifică de-a lungul erelor geologice, şi metafora malurilor abrupte care limitează jocul genetic al fiecărei specii se dovedeşte a fi un instrument surprinzător de sugestiv şi util în explicarea vieţii.

Într-un fel sau altul, toate cărţile mele au fost dedicate explorării şi explicării puterii aproape nemărginite a principiului darwinist – putere dezlănţuită oricând şi oriunde există destul timp pentru desfăşurarea consecinţelor autoreplicării primordiale. *Un râu pornit din Eden* continuă această misiune, şi aduce la o culme extraterestră povestea urmărilor care pot surveni când fenomenul replicatorilor este injectat în jocul modest al biliardelor de atomi.

În timpul redactării acestei cărţi m-am bucurat de sprijinul, încurajarea, sfaturile şi critică constructivă, în combinaţii variate, datorate lui Michael Birkett, John Brockman, Steve Davies, Daniel Dennett, John Krebs, Sara Lippincott, Jerry Lyons, şi în mod special soţiei mele, Lala Ward, care, de asemenea, a realizat şi desenele. Unele paragrafe sunt parţial refăcute după articolele publicate cu alte ocazii. Pasajele capitolului I despre codurile digitale şi analogice se bazează pe articolul meu din *The Spectator* din 11 iunie. Relatarea din capitolul III, pe baza lucrării despre evoluţia ochiului de Dan Nilsson şi Susanne Pelger, este, în parte, luată din articolul meu de la rubrica „News and Views”, publicat în *Nature* la 21 aprilie 1994. Mulţumesc editorilor ambelor reviste care au înlesnit

publicarea acestor articole.

În final, îi mulţumesc lui John Brockman şi Anthony Cheetham pentru originala invitaţie de a mă alătura seriei Science Masters.

Oxford, 1994

CAPITOLUL **1**

Râul digital

Toate popoarele au legende privitoare la strămoşii triburilor lor şi adeseori aceste legende se transformă în veritabile culte religioase. Oamenii îşi respectă sau chiar îşi venerează strămoşii – ceea ce e şi firesc pentru că e vorba de nişte strămoşi reali, care deţin cheia înţelegerii vieţii, nu de nişte zeităţi supranaturale. Din totalitatea organismelor ce se nasc pe pământ, o foarte mare parte mor înainte de a atinge vârsta maturităţii. O minoritate supravieţuieşte şi se înmulţeşte, iar din aceasta o şi mai mică minoritate va avea o descendenţă viabilă, mii de generaţii de aici înainte. Această minusculă minoritate a unei minorităţi, această elită reproductivă, este ceea ce viitoarele generaţii vor putea considera ancestral sau ancestor. Strămoşii sunt rari, descendenţii sunt obişnuiţi.

Toate organismele care au trăit cândva – toate animalele şi plantele, toate bacteriile şi toate ciupercile, orice fiinţă târâtoare şi toţi cititorii cărţii de faţă – pot rosti cu mândrie, privind către lungul şir al strămoşilor lor: Nici măcar un singur străbun n-a murit copil. Cu toţii au atins vârsta maturităţii şi fiecare a fost capabil să-şi găsească cel puţin un partener heterosexual cu care să se împerecheze cu succes[1]. Nici unul din strămoşii noştri nu a fost răpus de un

[1] Strict vorbind, există şi excepţii. Unele animale, ca de pildă afidele, se pot înmulţi fără a fi necesară fecundarea. Tehnici, ca de exemplu fertilizarea artificială, permit oamenilor moderni să aibă un copil fără a se împerechea, şi chiar – de când celulele ou pentru fertilizare „în vitro”

duşman sau de un virus, sau de un pas greşit pe marginea unei prăpăstii, înainte de a aduce cel puţin un urmaş pe lume. Mii dintre contemporanii strămoşilor noştri au eşuat în toate aceste privinţe, dar nici măcar unul singur dintre străbunii noştri nu a dat greş în vreuna dintre ele. Aceste afirmaţii sunt absolut evidente; mai mult, din ele se desprind următoarele: cu cât sunt mai ciudate şi mai neaşteptate, cu atât se justifică mai bine şi ne uimesc şi mai mult. Toate acestea vor constitui obiectul cărţii de faţă.

Deoarece toate organismele moştenesc zestrea genetică de la strămoşii lor, mai degrabă decât de la contemporanii fără succes ai acestora, toate tind să posede gene valoroase. Ele au ceea ce trebuie pentru a deveni strămoşi, altfel spus pentru a supravieţui şi a se reproduce. Din această cauză organismele tind să moştenească genele a căror prezenţă condiţionează construirea unui mecanism bine proiectat, un organism ce lucrează activ ca şi cum s-ar strădui să devină un strămoş. Din această cauză păsările sunt atât de bune la zbor, peştii atât de buni la înot, maimuţele atât de bune la căţărat, virusurile se răspândesc atât de bine. Din această cauză noi ţinem la viaţă, la dragoste şi la copii. Şi toate acestea pentru că noi toţi, fără nici o excepţie, moştenim toate genele noastre de la un şir neîntrerupt de strămoşi încununaţi de succes. Lumea devine plină de organisme care posedă tot ce le trebuie pentru a deveni strămoşi. Toate acestea se pot numi, într-un singur cuvânt, darwinism. Bineînţeles că Darwin a spus mai mult de atât, iar noi putem spune astăzi şi mai multe, şi de aceea această carte nu se opreşte aici.

Dar există o posibilitate naturală, şi profund dăunătoare, de a înţelege greşit paragraful anterior. Este seducător să credem că atunci când strămoşii noştri au făcut lucruri încununate de succes, genele pe care le-au transmis copiilor au fost, ca rezultat, mai valoroase decât cele primite de ei de la părinţii lor. Ceva din acest succes s-a

---

ar putea fi prelevate dintr-un foetus de sex feminin – înainte de vârsta maturităţii. În majoritatea cazurilor, observaţiile mele rămân valabile. (N. a.)

înregistrat în genele lor, şi din acest motiv descendenţii sunt atât de pricepuţi la zbor, sau înot, sau flirt. Greşit, complet greşit. Genele nu se îmbunătăţesc prin funcţionare. Ele se moştenesc neschimbate, excepţie făcând erorile cu totul întâmplătoare. Nu reuşita face gene valoroase, ci genele valoroase determină reuşita şi nici un individ în decursul existenţei sale nu-şi poate afecta, în vreun fel, propriile gene. Indivizii ce s-au născut cu gene valoroase cel mai probabil vor ajunge la maturitate pentru a deveni strămoşi încununaţi de succes; prin urmare, spre deosebire de genele nevaloroase, genele valoroase au cele mai mari şanse să se transmită în viitor. Fiecare generaţie este un filtru, o sită: genele valoroase tind să treacă prin sită în generaţiile viitoare; genele nevaloroase tind să-şi încheie existenţa în indivizi care mor înainte de maturitate sau care nu se reproduc. Asemenea gene pot traversa o generaţie sau două, poate pentru că au norocul să coexiste cu genele valoroase într-un acelaşi individ. Dar este nevoie de ceva mai mult decât de noroc pentru a trece prin mii de site aşezate succesiv una sub altă. După o mie de generaţii succesive, este probabil că genele care au reuşit să treacă să fie cele valoroase.

Am spus că genele ce supravieţuiesc peste generaţii vor fi acele gene care au reuşit să determine calitatea de strămoş. Lucrul acesta e adevărat, dar există o excepţie aparentă de care e bine să ne ocupăm înainte de a se crea vreo confuzie. Unii indivizi sunt irevocabil sterili, cu toate că ei sunt desemnaţi să ajute la transmiterea genelor lor în generaţiile viitoare. Albinele, furnicile, viespile şi termitele lucrătoare sunt sterile. Activitatea lor nu este destinată reproducerii, deşi prin ea rudele lor fertile, de obicei fraţii şi surorile, vor deveni strămoşi. Sunt două moduri de a interpreta aceste lucruri. În primul rând, indiferent de specie, există o mare posibilitate ca fraţii şi surorile să împartă copiile aceloraşi gene. În al doilea rând, mediul, nu genele, determină un individ, o termită, să zicem, să devină un reproducător sau un lucrător steril. Toate termitele posedă genele care, în anumite condiţii de mediu, le pot

transforma în lucrători sterili sau, în alte condiţii, în indivizi capabili de reproducere. Reproducătorii transmit copii ale exact aceloraşi gene care determină lucrătoarele sterile să-i ajute să lase urmaşi. Lucrătoarele sterile trudesc sub influenţa genelor ale căror copii se află şi în corpurile reproducătorilor. Copiile lucrătoare ale acelor gene se străduie să-şi ajute propriile copii reproducătoare să treacă prin sită generaţiilor. Lucrătorii termitelor pot fi masculi sau femele; dar la furnici, albine şi viespi lucrătoarele sunt toate femele; de altfel, principiul este acelaşi. La scară mai mică, se aplică la unele specii de păsări, mamifere şi alte animale la care se manifestă o anumită grijă faţă de cei mici din partea fraţilor şi surorilor mai mari. Rezumând, genele îşi croiesc drum prin sită ajutând atât propriul trup cât şi trupul unei rude să devină un strămoş.

Râul din titlul imaginat de mine este un râu de ADN (acid desoxiribonucleic), care curge prin timp, nu prin spaţiu. Este un râu de informaţie, nu unul din oase sau ţesuturi: un fluviu de instrucţiuni abstracte pentru construirea corpurilor, nu un râu de corpuri solide. Informaţia trece prin corpuri şi le influenţează fără ca în drumul ei să fie afectată de acestea. Râul de informaţie nu este influenţat nici de experienţele şi realizările corpurilor succesive prin care curge. De asemenea, el nu este influenţat nici de o sursă potenţială de contaminare care, în aparenţă, este mult mai puternică: sexul.

În toate celulele dumneavoastră, jumătate din genele mamei dumneavoastră se alătură unei jumătăţi din genele tatălui dumneavoastră. Genele dumneavoastră materne şi paterne conlucrează foarte strâns pentru a vă face amalgamul indivizibil şi subtil care sunteţi. Dar genele însele nu se amestecă. Doar efectele lor. Genele în sine manifestă o integritate de piatră. Când vine timpul unei generaţii noi, o genă fie trece, fie nu trece în corpul unui anumit copil. Genele de origine maternă şi paternă nu se amestecă, ele se recombină independent. O anumită genă a dumneavoastră provine fie de la mamă, fie de la tată. De asemenea, ea provine de la unul, şi numai unul, dintre cei

patru bunici; de la unul, şi numai unul, dintre cei opt străbunici, şi aşa mai departe în ascendenţă.

Am vorbit despre fluviu de gene, dar am putea, la fel de bine, să vorbim despre un grup de buni prieteni care străbate erele geologice. Toate genele unei populaţii care se reproduce sunt, în perspectivă, companioane unele cu altele. Pe termen scurt, ele sălăşluiesc în trupuri individuale, şi sunt temporar companioane mai intime ale celorlalte gene cu care coexistă în acel corp. Genele supravieţuiesc în timp numai dacă determină construcţia unor organisme apte să trăiască şi să se reproducă în modul de viaţă particular ales de specie. Dar ele trebuie să facă mai mult decât atât. Pentru a determina supravieţuirea, o genă trebuie să conlucreze cu celelalte gene aparţinând aceleiaşi specii – acelaşi râu. Pentru a supravieţui în această lungă călătorie, o genă trebuie să fie un bun companion. Ea trebuie să funcţioneze bine în compania sau în contextul celorlalte gene în acelaşi râu. Genele altor specii se află într-un râu diferit. Ele nu trebuie să se înţeleagă bine împreună – în orice caz nu în acelaşi sens – deoarece ele nu trebuie să împartă aceleaşi corpuri.

Trăsătura care defineşte o specie este că prin toţi membrii unei specii date curge acelaşi râu de gene şi că toate genele unei specii trebuie să fie pregătite să fie buni companioni. Apariţia unei noi specii are loc atunci când una deja existentă se divide. În timp, râul de gene se bifurcă. Din punctul de vedere al genelor, *speciaţia,* formarea unei noi specii, coincide cu „marele adio”. După o scurtă perioadă de separare parţială, cele două râuri se despart pentru totdeauna, sau până când unul dintre ele seacă dispărând în nisip. La adăpostul malurilor fiecărui râu, apele sunt amestecate şi reamestecate prin recombinare sexuală. Dar niciodată apa nu iese din matcă pentru a contamina celălalt râu. După ce o specie s-a divizat, cele două seturi de gene nu mai sunt companioane. Ele nu se mai întâlnesc în aceleaşi trupuri şi nu mai este necesar să funcţioneze bine împreună. Nu mai există nici o relaţie între ele – şi relaţie înseamnă, în cazul de faţă, împerecherea

organismelor, purtătorii lor temporari. Dar de ce trebuie să se formeze două specii? Ce determină marele adio al genelor lor? Ce face ca râul să se bifurce şi cele două braţe să se îndepărteze, nemaiîntâlnindu-se niciodată? Detaliile sunt controversate, dar nimeni nu se îndoieşte că lucrul cel mai important este separarea geografică accidentală. Râul de gene curge în timp, dar redistribuirea fizică a genelor are loc în corpuri care au o localizare în spaţiu. O veveriţă cenuşie din America de Nord s-ar putea împerechea cu una cenuşie din Anglia, dacă s-ar întâlni vreodată. Dar această întâlnire este improbabilă. Râul de gene al veveriţei cenuşii din America de Nord este separat eficient de 3 000 mile de ocean de cel al veveriţei cenuşii din Anglia. De fapt, cele două ansambluri de gene nu mai sunt de mult împreună, deşi ele ar mai fi buni tovarăşi dacă s-ar ivi prilejul. Ele şi-au spus rămas bun, deşi despărţirea nu este încă irevocabilă. Dar peste alte câteva mii de ani este probabil că cele două râuri se vor fi îndepărtat atât de mult încât, chiar dacă veveriţele s-ar mai întâlni, nu ar mai fi capabile să facă schimbul de gene. Iar când spun „îndepărtat atât de mult”, nu mă refer la spaţiu, ci la gradul de compatibilitate.

Aproape sigur, ceva asemănător se află în spatele separării mai vechi dintre veveriţele cenuşii şi roşii. Ele nu se pot împerechea. Ele se suprapun geografic în unele părţi ale Europei şi, deşi se întâlnesc şi probabil uneori îşi dispută alunele, nu se pot împerechea pentru a produce urmaşi fertili. Râurile lor de gene s-au despărţit prea mult, ceea ce înseamnă că genele lor nu mai sunt apte să coopereze una cu alta în organisme. În urmă cu multe generaţii, veveriţele roşii şi cele cenuşii au avut ca strămoşi aceiaşi indivizi. Dar ei au fost separaţi geografic, poate de un lanţ de munţi, poate de apă, eventual de Oceanul Atlantic. Şi ansamblurile lor genetice s-au despărţit. Separarea geografică determină apariţia incompatibilităţii. Bunii companioni au devenit răi companioni, sau ei s-ar dovedi că atare dacă ar fi puşi în situaţia de a se împerechea. Companionii răi au devenit încă şi mai răi, până când, în prezent, nu mai sunt deloc companioni. Rămasul bun este deci definitiv. Cele două

râuri s-au separat şi au fost sortite să se îndepărteze din ce în ce mai mult unul de celălalt. Aceeaşi poveste s-a petrecut şi în cazul despărţirii mai timpurii dintre, să zicem, strămoşii noştri şi cei ai elefanţilor. Sau dintre cei ai struţilor (care, de asemenea, sunt şi ai noştri) şi cei ai scorpionilor.

Există acum, probabil, treizeci de milioane de braţe ale râului de ADN, deoarece cam la atât se estimează numărul total al speciilor de pe glob. S-a apreciat, de asemenea, că speciile existente reprezintă aproximativ un procent (1%) din totalul speciilor care au trăit vreodată pe pământ. Ar însemna că în total au fost circa trei miliarde de braţe ale râului de ADN. Cele treizeci de milioane de ramificaţii din ziua de astăzi sunt irevocabil separate. Multe dintre acestea sunt sortite pieirii, deoarece multe specii sunt pe cale de dispariţie. Dacă veţi urmări aceste treizeci de milioane de râuri (pentru concizie mă voi referi la braţele râurilor numindu-le râuri) înapoi în timp, veţi descoperi că, rând pe rând, se întâlnesc cu celelalte râuri. Râul de gene umane se uneşte cu râul de gene al cimpanzeilor cam în acelaşi moment când a făcut-o şi râul de gene al gorilei, cu vreo şapte milioane de ani în urmă. Cu câteva milioane de ani în urmă, râului nostru comun de maimuţă africană i s-a alăturat pârâul de gene de urangutan. Şi, şi mai în urmă, ni s-a alăturat un râu de gene de gibon – râu care mai în aval se desparte într-un număr de specii separate de gibon şi siamang. Dacă mergem şi mai în urmă în timp, râul nostru genetic se uneşte cu râul care, în evoluţia lui ulterioară, avea să se despartă în trei braţe: cel al maimuţelor Lumii Vechi, al maimuţelor Lumii Noi şi cel al lemurienilor din Madagascar. Încă şi mai mult în urmă, râul nostru genetic se uneşte cu acelea care au dus la alte grupe importante de mamifere: rozătoarele, felinele, chiropterele, elefanţii. După aceasta întâlnim curenţii care au dus la apariţia diferitelor specii de păsări, reptile, amfibieni, peşti şi nevertebrate.

Iată un aspect important în legătură cu care trebuie să fim prudenţi cum folosim metafora râului. Când ne gândim

la separarea care a dus la toate mamiferele – ca opusă, să spunem, pârâului ce a dus la veveriţa cenuşie – suntem tentaţi să considerăm toate acestea la scară mare, ceva asemănător fluviilor Mississippi şi Missouri. Ramură mamiferelor este, la urma urmelor, destinată să se ramifice repetat până când produce toate mamiferele – de la chiţcanul mărunt la elefanţi, de la cârtiţa de sub pământ până la maimuţa din vârful baldachinului. Ramură mamiferelor derivată din acest râu, menită să alimenteze atât de multe mii de importante artere acvatice, cum ar putea fi oare altceva decât un fluviu uriaş care îşi rostogoleşte apele? Ei bine, această imagine este complet greşită. Când strămoşii tuturor mamiferelor de astăzi s-au desprins din ramura celor care nu sunt mamifere, evenimentul nu a fost mai important decât oricare altă speciaţie. Ar fi trecut aproape neremarcat de vreun naturalist care s-ar fi aflat în acel moment prin preajmă. Noua ramificaţie a râului de gene ar fi fost un pârâiaş, aparţinând unui micuţ animal nocturn, nu cu mult mai diferit de verii lui ne-mamifere decât este o veveriţă roşie faţă de una cenuşie. Numai dacă privim retrospectiv putem considera mamiferul ancestral cât de cât că pe un mamifer. În acele vremi, el nu ar fi fost altceva decât o altă specie de reptilă care se asemăna cu un mamifer nu foarte diferit de vreo altă duzină de bucăţi de hrană pentru dinozauri, mici, cu nasul lung şi insectivore.

Aceeaşi lipsă de dramatism a caracterizat şi scindarea timpurie a strămoşilor tuturor marilor grupuri de animale: vertebratele, moluştele, crustaceele, insectele, viermii inelaţi şi cei plaţi, celenteratele şi aşa mai departe. Când râul destinat moluştelor (şi nu numai lor) s-a despărţit de cel al vertebratelor (şi nu numai al lor) cele două populaţii de animale (probabil asemănătoare cu viermii) erau atât de asemănătoare una cu alta, încât s-ar fi putut împerechea între ele. Singurul motiv pentru care nu au făcut-o a fost separarea lor accidentală de către o barieră geografică oarecare, de exemplu o fâşie de uscat care a separat apele anterior unite. Nimeni nu ar fi fost în stare să ghicească că

o populaţie era destinată să dea naştere moluştelor şi cealaltă vertebratelor. Cele două râuri de ADN erau de-abia separate, în aşa fel încât grupurile de animale corespunzătoare erau abia distincte.

Zoologii cunosc toate acestea, dar le uită uneori când se gândesc la grupele realmente mari de animale, ca de exemplu moluştele sau vertebratele. Ei sunt tentaţi să conceapă scindarea grupelor principale ca pe un eveniment important. Zoologii se pot înşela atât de mult deoarece au fost educaţi în credinţa că fiecare dintre marile diviziuni ale regnului animal este dotată cu ceva profund, unic, deseori desemnat prin termenul german *Bauplan.* Deşi acest cuvânt înseamnă chiar „plan", el a devenit un termen tehnic recunoscut şi îl voi declina ca pe un cuvânt englezesc, chiar dacă (am fost puţin şocat să descopăr) nu se găseşte încă în *Oxford English Dictionary.* (Deoarece mie îmi place cuvântul mai puţin decât unora dintre colegii mei, admit cu un uşor *frisson* de *Schadenfreude* absenţa lui; aceste două cuvinte străine *sunt* în dicţionar, deci nu este vorba de nici o interdicţie sistematică a importului.) În sensul lui tehnic, bauplan este adesea tradus prin „planul fundamental al corpului". Folosirea termenului de „fundamental" (sau, echivalentul lui, adică recurgerea voită la germană pentru a indica profunzimea) a fost cauza nenorocirii. El poate face zoologii să comită erori grave.

Un zoolog, de exemplu, a sugerat că procesul evolutiv în perioada Cambriană (între şase sute şi cinci sute de milioane de ani în urmă) trebuie să fi fost un fel de proces complet diferit de evoluţia din perioadele ulterioare. Argumentul său era că în ziua de azi apar noi specii, în timp ce în perioada Cambriană au apărut grupele principale ca, de exemplu, moluştele şi crustaceele. Eroarea este izbitoare. Chiar animale atât de deosebite între ele, ca moluştele şi crustaceele, au fost iniţial numai populaţii ale aceleiaşi specii separate ulterior de bariere geografice. Pentru un timp ele ar mai fi putut fi interfertile, dacă s-ar fi întâlnit, dar nu s-a întâmplat aşa. După milioane de ani de evoluţie separată, ele au dobândit trăsăturile pe care noi,

cu privirea retrospectivă a zoologilor moderni, le recunoaştem drept caracteristice moluştelor şi respectiv, crustaceelor. Aceste caracteristici au fost botezate cu titlul pompos de „plan fundamental de organizare a corpului” sau „bauplan”. Însă principalele planuri de organizare ale regnului animal s-au separat treptat dintr-un trunchi comun.

Indiscutabil, există o neînţelegere minoră chiar dacă mult mediatizată, cu privire la *măsura* în care evoluţia este treptată sau „în salturi”. Dar nimeni, şi când spun nimeni chiar aşa este, nu crede că evoluţia a fost vreodată destul de în salturi pentru a inventa un întreg nou plan fundamental de organizare într-o singură treaptă. Autorul citat scria toate acestea prin 1958. Puţini zoologi ar accepta astăzi în mod explicit punctul lui de vedere, dar uneori o fac în mod implicit când spun că principalele grupe de animale au apărut spontan şi perfect alcătuite, precum Athena din capul lui Zeus, mai degrabă decât prin divergenţa unei populaţii ancestrale în timpul izolării geografice accidentale.[2]

În orice caz, studiile de biologie moleculară au demonstrat că marile încrengături de animale sunt mult mai înrudite între ele decât eram obişnuiţi să credem. Puteţi considera codul genetic ca pe un dicţionar în care şaizeci şi patru de cuvinte ale unui limbaj (şaizeci şi patru de triplete, combinaţii posibile ale celor patru litere ale alfabetului) sunt traduse în douăzeci şi unu de cuvinte într-o altă limbă (douăzeci şi unu de aminoacizi plus un semn de punctuaţie). Probabilitatea ca această corespondenţă de 64 : 21 să se mai repete a doua oară este mai mică decât unu la un milion de milioane de milioane de milioane de milioane. Însă, codul genetic este de fapt, literal vorbind, identic la toate animalele, plantele sau bacteriile care au fost studiate până acum. Este cert că toate vieţuitoarele de pe pământ au descins dintr-un singur strămoş. Nimeni nu s-

[2] Cititorii trebuie să aibă în minte aceste puncte de vedere când vor citi lucrarea *Wonderful Life* de Stephen J. Gould, o excelentă descriere a faunei cambriene din Burgess Shale. (N. a.)

ar îndoi de acest lucru mai ales astăzi când sunt evidenţiate prin examinarea nu numai a codului, ci şi a secvenţei detaliate a informaţiei genetice, unele asemănări izbitoare între, de exemplu, insecte şi vertebrate. Există un mecanism genetic foarte complicat care dirijează planul segmentat al corpului insectelor. La mamifere a fost, de asemenea, descoperit un astfel de mecanism de reglaj bizar de asemănător. Din punct de vedere molecular, toate animalele sunt destul de strâns înrudite unele cu altele şi chiar cu plantele. Trebuie să ajungi până la bacterii ca să găseşti rudele noastre îndepărtate, şi chiar şi atunci codul genetic este identic cu al nostru. Motivul pentru care putem face o evaluare atât de precisă asupra codului genetic, dar nu şi asupra anatomiei planurilor fundamentale de organizare, este că acest cod genetic este strict digital, unităţile sale putând fi riguros numărate şi analizate matematic. Râul de gene este un râu digital şi acum trebuie să vă explic ce înseamnă acest termen ingineresc.

Inginerii fac o distincţie importantă între codurile digitale şi cele analogice. Pick-up-urile şi casetofoanele – şi până recent şi cele mai multe aparate telefonice – utilizează codurile analogice. Compact discurile, calculatoarele şi cele mai moderne sisteme de telefonie folosesc codurile digitale. Într-un sistem de telefonie analogic, fluctuaţiile continue ale undelor sonore sunt traduse în fluctuaţiile corespunzătoare ale tensiunii într-un cablu. Un pick-up funcţionează asemănător: şanţurile discului fac să vibreze vârful acului şi aceste mişcări sunt traduse în fluctuaţii corespunzătoare ale tensiunii. La celălalt capăt al liniei, aceste unde de tensiune sunt reconvertite, de o membrană care vibrează din receptor sau de difuzorul pick-up-ului, în unde acustice corespunzătoare, astfel încât noi le putem auzi. Codul este unul simplu şi direct: oscilaţiile curentului electric în cablu sunt proporţionale cu oscilaţiile presiunii undelor sonore. Între anumite limite, toate posibilele oscilaţii de tensiune trec prin circuitul electric şi ceea ce contează este diferenţa dintre valorile acestora.

Într-un sistem digital, numai două nivele de tensiune

posibile – sau alte câteva numere discrete de tensiuni posibile cum ar fi 8 şi 256 – sunt transmise prin cablu. Informaţia nu se află în valorile tensiunii propriu-zise, ci în modul de succesiune al acestora. Aceasta se numeşte Modulare Codificată în Impulsuri. La un moment anume, tensiunea reală va fi rareori exact egală cu una din cele 8, să spunem, valori nominale, dar aparatul o va ajusta către cea mai apropiată tensiune desemnată, astfel încât ceea ce iese la celălalt capăt al liniei este aproape perfect, chiar dacă transmisia de-a lungul liniei este slabă. Tot ce aveţi de făcut este să fixaţi nivele discrete la distanţă suficientă pentru ca fluctuaţiile aleatorii să nu poată fi niciodată interpretate deformat de către instrumentul receptor ca un nivel fals. Aceasta este marea virtute a codurilor digitale şi de aceea sisteme audio şi video – şi în general, tehnologia informaţiei – tind tot mai mult să devină digitale. Calculatoarele, bineînţeles, utilizează codurile digitale în tot ceea ce fac. Pentru comoditate se foloseşte un cod binar – adică are numai două nivele de semnal în, loc de 8 sau 256.

Chiar la un telefon digital, sunetele care intră în microfon şi ies în receptor sunt totuşi oscilaţii de tip analogic ale undelor sonore. Ceea ce este digital este informaţia care circulă de la un post telefonic la altul. Trebuie să se stabilească un cod pentru a traduce valorile analogice în fiecare microsecundă, în secvenţe de pulsuri discrete – numerele codificate digital. Când discuţi cu iubita la telefon, fiecare nuanţă, fiecare modificare a vocii, fiecare suspin pasionat şi fiecare timbru convingător sunt transmise prin cablu sub formă de numere. Poţi să fii mişcat până la lacrimi de numere, cu condiţia ca ele să fie codificate şi decodificate destul de repede. Echipamentele moderne de comutare sunt atât de rapide încât aceşti timpi pot fi divizaţi în felii, cam în felul în care un maestru şahist îşi porţionează timpii într-o întrecere simultană cu alţi 24 de jucători. În acest fel, mii de conversaţii telefonice pot fi prinse de aceeaşi linie telefonică, aparent simultan, şi totuşi separate electronic fără interferenţă. Un trunchi telefonic – în ziua de azi multe dintre ele nu sunt câtuşi de puţin

bazate pe cabluri, ci folosesc fascicule de unde radio transmise fie direct de pe un deal pe altul, fie de pe sateliţi – este un râu masiv de numere. Dar, datorită acestei segregări electronice ingenioase, există mii de râuri digitale care folosesc aceeaşi matcă numai aparent, aşa cum veveriţele roşii şi cele cenuşii folosesc acelaşi copac, dar niciodată nu-şi amestecă genele.

Revenind la lumea tehnicii, deficienţele semnalelor analogice nu deranjează prea tare, atâta timp cât ele nu sunt copiate repetat. O înregistrare pe bandă magnetică are un fâsâit atât de uşor încât nici nu îl percepem – dacă nu mărim intensitatea sonoră, caz în care şi fâşâitul se amplifică şi se introduc de asemenea alte noi zgomote. Dar dacă vom copia o bandă după o alta, apoi cea de a treia după a doua şi aşa mai departe, după o sută de „generaţii" ceea ce vă mai rămâne va fi un oribil fâsâit. Cam acesta era necazul când toate telefoanele erau analogice. Fiecare semnal telefonic scade în intensitate proporţional cu lungimea circuitului şi trebuie amplificat-reamplificat la fiecare o sută de mile. Aşa ceva nu era posibil pentru că fiecare staţie de amplificare mărea proporţional zgomotul de fond. Şi semnalele digitale au nevoie de amplificare. Dar, din motivele arătate, amplificarea nu introduce nici o eroare a mesajului: lucrurile pot fi făcute în aşa fel încât informaţia să treacă perfect neavând importanţă câte staţii de amplificare intervin. Fâşâitul nu creşte nici după sute şi sute de mile.

Când eram copil, mama îmi spunea că celulele nervoase sunt liniile telefonice ale corpului omenesc. Dar ce fel de linii sunt acestea, analogice sau digitale? Răspunsul este că ele sunt o combinaţie interesantă a ambelor sisteme. O celulă nervoasă nu este similară unui cablu electric. Este un tub lung şi subţire de-a lungul căruia trec undele unor modificări chimice, asemenea unei dâre de praf de puşcă sfârâind pe pământ, cu excepţia faptului că, spre deosebire de dâra de praf de puşcă, nervul revine repede la starea iniţială şi sfârâitul se poate auzi din nou după o scurtă perioadă de repaus. Mărimea absolută a undei –

temperatura prafului de puşcă – poate fluctua în timp ce se propagă de-a lungul nervului, dar faptul nu are nici o importanţă. Codul îl ignoră. Similar celor două niveluri distincte de tensiune din telefonia digitală, pulsul chimic ori este ori nu este. În această privinţă, sistemul nervos este digital. Dar impulsurile nervoase nu sunt forţate să se transforme în biţi: ele nu se asamblează în numere de cod discrete. În schimb, intensitatea mesajului (tăria sunetului, strălucirea luminii, poate chiar agonia unei emoţii) este codificată ca rată a impulsurilor. Inginerii numesc aceasta Modulare în Frecvenţă, iar ea avea mulţi adepţi înainte de a fi adoptată Modularea Codificată în Impulsuri.

Rata pulsului este o variabilă analogică, dar impulsurile în sine sunt digitale: ele sunt ori nu sunt, nu există jumătăţi de măsură. Şi sistemul nervos are acelaşi avantaj că şi oricare sistem digital. Din cauza modului în care funcţionează neuronii, există echivalentul unui amplificator, dar nu la fiecare sută de mile, ci la fiecare milimetru – opt sute de staţii de amplificare între măduva spinării şi vârful degetelor. Dacă ceea ce contează este amplitudinea absolută a impulsului nervos – unda pulberii prafului de puşcă – mesajul ar putea fi distorsionat, devenind de nerecunoscut, pe traiectul unui braţ omenesc, şi cu atât mai mult de-a lungul unui gât de girafă. Fiecare staţie de amplificare ar introduce mai multe erori întâmplătoare, aşa cum se întâmplă când copiem o bandă magnetică de opt sute de ori. Sau când copiem o imagine xerox după alt xerox, după alt xerox. După opt sute de „generaţii” de fotocopii, tot ceea ce mai rămâne este o pată cenuşie. Codificarea digitală este singura soluţie pentru problema funcţionării celulei nervoase, iar selecţia naturală a adoptat-o în mod corespunzător. Acelaşi lucru e valabil şi pentru gene.

Francis Crick şi James Watson, cei care au descifrat structura moleculară a genei, ar trebui, după opinia mea, să fie onoraţi secole de-a rândul precum Aristotel şi Platon. Premiul Nobel le-a fost acordat pentru „fiziologie sau medicină”, şi aceasta este corect, dar aproape fără valoare.

Să vorbeşti despre o revoluţie continuă este aproape o contradicţie de termeni, totuşi nu numai medicină, ci întreaga noastră înţelegere a vieţii va fi continuu revoluţionată ca rezultat direct al schimbării modului de gândire pe care aceşti doi tineri l-au iniţiat în 1953. Genele însele, şi bolile genetice, sunt doar vârful icebergului. Ceea ce este cu adevărat revoluţionar în biologia moleculară în era post-Watson şi Crick, este faptul că ea a devenit digitală.

De la Watson şi Crick încoace, am aflat că genele, în structura lor internă detaliată, sunt asemenea unor lungi filamente de pură informaţie digitală. În plus, ele sunt cu adevărat digitale, în deplinul sens al termenului în limbaj de calculatoare şi compact-discuri, nu în sensul mai slab în care este folosit termenul pentru sistemul nervos. Codul genetic nu este un cod binar ca în calculatoare, nici octal ca în unele sisteme de telefonie, ci un cod cuaternar cu patru simboluri. Aparatul de codificare al genei este bizar de asemănător cu cel al unui calculator. În afara diferenţelor de limbaj, paginile unui jurnal de biologie moleculară ar putea fi interschimbabile cu cele ale unei reviste de ingineria calculatoarelor. Printre multe alte consecinţe, această revoluţie digitală în însuşi miezul vieţii a dat lovitura finală, fatală, vitalismului – convingerea că materia vie este profund diferită de cea nevie. Până în 1953 mai era încă posibil să crezi că în protoplasma vie există ceva fundamental şi ireductibil misterios. S-a terminat cu asta. Nici măcar acei filozofi care erau predispuşi la o privire mecanicistă asupra vieţii nu ar fi îndrăznit să spere într-o atât de completă împlinire a celor mai nebuneşti vise ale lor.

Următorul subiect science-fiction este absolut plauzibil, dacă luăm în consideraţie o tehnologie care se deosebeşte de cea de azi doar prin faptul că este puţin mai rapidă. Profesorul Jim Crickson a fost răpit de către o putere străină ostilă şi forţat să lucreze în laboratoarele ei de armament biologic. Pentru a salva omenirea, este vital să comunice câteva informaţii strict secrete în afară, dar toate canalele

normale de comunicaţie îi sunt interzise. Cu excepţia unuia. Codul ADN, care constă în 64 de triplete, „codoni”, suficient pentru un alfabet englez cu litere mici şi mari plus zece numerale, un spaţiu şi un punct. Profesorul Crickson ia un virus gripal virulent din raftul laboratorului şi, prin tehnici de inginerie genetică, îi introduce în genom textul complet al mesajului său către lumea din afară, în propoziţii englezeşti perfect alcătuite. Şi reia mesajul în repetate rânduri în geno-mul modificat, adăugindu-i o secvenţă „steag” *(flag)* uşor de recunoscut – să zicem, primele zece numere prime. Apoi se autoinfectează cu virusul şi strănută într-o cameră plină cu oameni. Un val de gripă străbate lumea şi laboratoarele medicale din ţări îndepărtate s-au pus în mişcare să descifreze secvenţa genomului viral în încercarea de a realiza vaccinul potrivit. Curând a devenit clar că există un motiv ciudat repetat în genom. Alarmat de numerele prime care nu puteau să apară spontan, cineva a avut ideea aplicării tehnicilor de decodificare. După aceea, ar fi fost simplu de citit întregul text în engleză al mesajului profesorului Crickson „strănutat” în toată lumea.

Sistemul nostru genetic, care este un sistem universal al vieţii pe planetă, este în fond digital. Cuvânt cu cuvânt, cu mare exactitate, se poate cifra în întregime Noul Testament în acele porţiuni ale genomului uman care în prezent sunt ocupate cu „relicve” de ADN – adică ADN nefolosit, cel puţin în mod obişnuit, de către organism. Fiecare celulă din organismul dumneavoastră conţine echivalentul a patruzeci şi şase bănci de date imense care rulează caracterele digitale prin intermediul numeroaselor capete de citire ce lucrează simultan. În fiecare celulă, aceste benzi magnetice – cromozomii – conţin aceeaşi informaţie, dar capetele de citire din diferitele tipuri de celule caută diferite sectoare ale bazei de date conform specializării lor. Din această cauză, celulele musculare se deosebesc de cele hepatice. Nu există nici un spirit, forţă conducătoare a vieţii, nici o vibraţie, apariţie, influenţă, protoplasma sau gelatină mistică. Viaţa este doar biţi şi biţi şi biţi de informaţie digitală.

Genele sunt informaţie pură – informaţie care poate fi codificată, recodificată şi decodificată, fără nici o alterare sau modificare a înţelesului. Informaţia pură poate fi copiată şi, deoarece este informaţie digitală, fidelitatea copierii poate fi perfectă. Caracterele ADN-ului sunt copiate cu o exactitate care rivalizează cu tot ce pot realiza inginerii moderni. Ele sunt copiate din generaţie în generaţie cu doar atâtea erori cât să introducă variaţie. Din această variaţie, combinaţiile codificate care devin mai numeroase în lume vor fi în mod evident şi automat cele care, decodificate şi impunându-se în corpurile respective, le fac pe acestea să ia măsuri active pentru a conservă şi propaga exact aceleaşi mesaje ADN. Noi – şi asta înseamnă toate fiinţele vii – suntem mecanisme de supravieţuire programate să transmită baza de date digitală cu care am fost programaţi. Darwinismul este considerat acum ca fiind supravieţuirea supravieţuitorilor la nivelul codului pur digital.

Privind retrospectiv, ar fi putut fi altfel. S-ar putea imagina un sistem genetic analogic. Dar am văzut deja ce se întâmpla cu informaţia analogică atunci când este recopiată de-a lungul generaţiilor succesive. Este asemenea şoaptelor chinezeşti. Sistemele telefonice supraîncărcate, benzile magnetice recopiate, fotocopiile fotocopiilor – semnalele analogice sunt aşa de vulnerabile la degradarea cumulativă încât copierea nu poate fi realizată decât de un număr limitat de generaţii. Genele, pe de altă parte, se pot autocopia pentru zece milioane de generaţii şi nu se alterează aproape deloc. Darwinismul funcţionează doar pentru că – în afară de mutaţiile distincte, pe care selecţia naturală ori le elimină ori le conservă – procesul de copiere este perfect. Doar un sistem genetic digital este capabil să susţină darwinismul de-a lungul epocilor geologice. 1953, anul dublului helix, va fi considerat nu numai sfârşitul unor opinii mistice şi obscurantiste asupra vieţii; darwiniştii îl vor privi ca pe anul în care obiectul lor de studiu a devenit în sfârşit digital.

Râul de informaţie digitală pură, care curge maiestuos

prin timpurile geologice şi care se împarte în trei miliarde de ramuri, este o imagine foarte sugestivă. Dar atunci unde sunt trăsăturile familiare vieţii? Unde sunt corpurile, mâinile şi picioarele, ochii, creierii şi mustăţile, frunzele şi tulpinile şi rădăcinile? Dar atunci unde suntem noi, părţile noastre componente? Noi – noi, animale, plante, protozoare, ciuperci şi bacterii – suntem doar matca prin care curg pârâiaşele datelor digitale? Într-un sens da. Dar, aşa cum am sugerat, înseamnă mai mult de atât. Genele nu realizează doar autocopii care se transmit de-a lungul generaţiilor. De fapt ele există tot timpul în interiorul corpurilor şi influenţează forma şi comportarea organismelor succesive în care se află ele însele. Corpurile sunt de asemenea importante.

Corpul, să zicem, al unui urs polar nu este doar o matcă pentru un râuleţ digital. El este, de asemenea, un mecanism de o complexitate mare cât un urs. Genele întregii populaţii de urşi polari sunt un colectiv – buni camarazi care se întrec unii cu alţii de-a lungul timpului. Dar ele nu există tot timpul în compania tuturor celorlalţi membri ai colectivului: ele schimbă partenerii în interiorul ansamblului care este colectivul. Colectivul este definit ca un ansamblu de gene care pot întâlni oricare dintre celelalte gene din colectiv (dar nici un alt membru al vreunuia din celelalte treizeci de milioane de colective din lume). Întâlnirile propriu-zise au întotdeauna loc în interiorul unei celule în corpul ursului polar. Şi acel corp nu este un recipient pasiv al ADN-ului.

Pentru început, numărul real de celule, în fiecare existând un set complet de gene, depăşeşte imaginaţia: aproape 900 de milioane de milioane pentru un urs mascul mare. Dacă am alinia într-un singur şir toate celulele unui urs polar, acesta ar putea face cu uşurinţă traseul Pământ–Lună şi retur. Aceste celule sunt de vreo două sute de tipuri distincte, în principal aceleaşi două sute pentru toate mamiferele: celule musculare, nervoase, osoase, epiteliale şi aşa mai departe. Celulele fiecăruia dintre aceste tipuri distincte sunt grupate împreună formând ţesuturi:

muscular, osos şi aşa mai departe. Toate tipurile de celule conţin instrucţiunile genetice necesare formării oricăruia dintre ele. Numai genele adecvate ţesutului considerat sunt declanşate. Din această cauză, celulele diverselor ţesuturi sunt de forme şi mărimi diferite. Şi mai interesant, genele declanşate într-un anumit tip de celule fac să-şi dezvolte ţesutul într-o anumită formă. Oasele nu sunt nişte mase fără formă de ţesut tare, rigid. Ele au forme specifice cu tije goale în interior, rotunjiri şi cavităţi, creşte şi pinteni. Celulele sunt programate de către genele declanşate în interiorul lor să se comporte ca şi cum ar şti unde se află în raport cu celulele vecine şi acesta este modul în care îşi construiesc ţesuturile în forma lobului de ureche, a valvelor inimii, a cristalinului ochiului său a muşchilor sfincterului.

Structura complexă a unui organism ca, de exemplu, cea a ursului polar este multistratificată. Corpul este o complexă colecţie de organe cu formă precisă că ficatul, rinichiul şi oasele. Fiecare organ este un edificiu complex, modelat din ţesuturi specifice ale căror cărămizi constitutive sunt celulele, adesea în straturi sau foiţe, dar de multe ori şi în mase solide. La o scară mult mai mică, fiecare celulă are o structură interioară extrem de complexă, alcătuită din membrane pliate. Aceste membrane, şi lichidul dintre ele, constituie locul de desfăşurare al complicatelor reacţii chimice de foarte numeroase şi variate tipuri. Într-o uzină chimică aparţinând de ICI sau de Union Carbide, se pot desfăşura câteva sute de reacţii chimice distincte. Aceste reacţii vor fi separate unele de altele prin pereţii recipienţilor, tuburilor şi aşa mai departe. O celulă vie ar putea fi locul de desfăşurare al unui număr asemănător de reacţii chimice simultane. Într-o oarecare măsură, membranele dintr-o celulă se aseamănă cu sticlăria dintr-un laborator, dar analogia nu este corectă din două motive. Primul, deşi multe dintre reacţiile chimice se desfăşoară între membrane, o bună parte au loc chiar în interiorul lor. Al doilea, există o cale mult mai importantă prin care diferitele reacţii sunt separate. Fiecare reacţie este catalizată de propria ei enzimă specifică.

O enzimă este o moleculă foarte mare a cărei formă tridimensională accelerează o anumită reacţie chimică prin furnizarea unei suprafeţe care facilitează acea reacţie. Deoarece ceea ce contează în cazul moleculelor biologice este forma lor tridimensională, putem considera enzimă ca pe o maşină-unealtă mare, reglată cu atenţie pentru a realiza o linie de producţie a moleculelor cu formă specifică. Prin urmare, orice celulă poate găzdui sute de reacţii chimice distincte, care se desfăşoară în interiorul ei simultan şi separat pe suprafeţele diferitelor molecule enzimatice. Reacţiile chimice specifice care se desfăşoară într-o celulă dată sunt determinate de tipurile specifice de enzime prezente în număr mare. Fiecare moleculă de enzimă, inclusiv forma ei atât de importantă, este asamblată sub influenţa determinantă a unei anumite gene. Mai exact, secvenţa precisă a câtorva sute de litere de cod din genă determină printr-un set de reguli care sunt în totalitate cunoscute (codul genetic) secvenţa amino-acizilor din molecula enzimei. Fiecare moleculă enzimatică este un lanţ de aminoacizi şi fiecare lanţ liniar de aminoacizi se răsuceşte spontan într-o structură tridimensională unică şi specifică, ca un nod în care se formează legături între diferitele părţi ale lanţului. Structura tridimensională exactă a nodului este determinată de succesiunea unidimensională a amino-acizilor şi, prin urmare, de succesiunea unidimensională a literelor de cod din genă. Şi astfel, reacţiile chimice care au loc într-o celulă sunt determinate de genele care sunt declanşate.

Atunci ce determină care gene sunt declanşate într-o anumită celulă? Răspunsul este substanţele chimice deja prezente în celulă. Este un element al paradoxului oului şi găinii, dar nu este de nerezolvat. Soluţia paradoxului este de fapt foarte simplă în principiu dar complicată în detaliu. Este soluţia pe care informaticienii o cunosc sub numele de program de încărcare iniţial. Prima oară când am început să folosesc calculatoarele, în 1960, toate programele trebuiau încărcate folosind benzile de hârtie. (Calculatoarele americane din acea perioadă foloseau adesea şi cartele

perforate, dar principiul era acelaşi.) Înainte de a putea încărca de pe o bandă mare un program serios, trebuia să încarci un program mai mic numit program de încărcare iniţial. Programul de încărcare iniţial al calculatorului era un program care făcea un singur lucru: îi spunea calculatorului cum să încarce benzile de hârtie. Dar aici apare paradoxul oului şi găinii. Cum era la rândul ei banda programului iniţial încărcată ea însăşi? La calculatoarele moderne echivalentul programului de încărcare iniţial este hard-ul instalat pe maşină, dar în acele vremuri trebuia să începi manipulând nişte butoane într-o succesiune rituală. Această succesiune îi spunea calculatorului cum să înceapă citirea primei părţi a benzii programului de încărcare iniţial. Aceasta, la rândul său, spunea apoi ceva mai mult despre cum să citească următoarea parte a benzii programului de încărcare iniţial şi aşa mai departe. Cu timpul, întregul program de încărcare a fost absorbit, calculatorul ştiind cum să citească orice bandă de hârtie şi devenind un calculator util.

Când începe dezvoltarea unui embrion, o singură celulă, oul fertilizat se divide în două; fiecare din cele două se divide rezultând patru; fiecare din cele patru se divide pentru a deveni opt şi aşa mai departe. Durează doar câteva duzini de generaţii pentru a spori numărul de celule la trilioane, atât este de mare puterea diviziunii exponenţiale. Dar, dacă totul s-ar rezuma la atât, trilioanele de celule ar trebui să fie toate la fel. Cum se diferenţiază ele însă (pentru a folosi un termen tehnic) în celule hepatice, renale, musculare şi aşa mai departe, fiecare cu gene funcţionale diferite şi enzime active diferite? Printr-un program de încărcare iniţial care funcţionează asemănător cu acesta. Deşi arată ca o sferă, oul posedă de fapt o polaritate chimică internă. Are un vârf şi o bază, iar în multe cazuri o faţă şi un spate (şi prin urmare de asemenea o parte dreaptă şi una stângă). Aceste polarităţi se manifestă sub forma gradienţilor chimici. Concentraţiile unor substanţe cresc constant din faţă spre spate, altele de la vârf spre baza oului. Aceşti gradienţi timpurii sunt destul

de simpli, dar sunt suficienţi pentru a forma prima etapă în operaţia de încărcare a programului.

Când oul s-a divizat, să zicem, în treizeci şi două de celule – asta înseamnă după cinci diviziuni – câteva dintre cele treizeci şi două de celule vor avea mai mult decât ar trebui din substanţele părţii superioare, altele mai mult decât ar trebui din substanţele părţii bazale. Celulele pot fi, de asemenea, neechilibrate şi în ceea ce priveşte gradientul substanţelor chimice din faţă şi din spate. Aceste diferenţe sunt suficiente pentru a determina declanşarea diferitelor combinaţii de gene în diferite celule. Prin urmare, în celulele diferitelor regiuni ale embrionului, în primele etape de dezvoltare vor fi prezente diferite combinaţii enzimatice. Aceasta va avea ca rezultat declanşarea combinaţiilor diferite ale altor gene în diferite celule. Aşadar liniile celulare se diferenţiază în loc să rămână identice cu strămoşii lor clonali din embrion.

Aceste diferenţieri se deosebesc foarte mult de diferenţierile speciilor de care am vorbit mai devreme. Aceste diferenţieri celulare sunt programate şi determinate în detaliu în timp ce diferenţierile speciilor erau rezultatul întâmplător al accidentelor geografice şi nu erau previzibile. De altfel, când speciile se separă, şi genele acestora se separă în ceea ce eu am numit marele adio. Când liniile celulare dintr-un embrion se diferenţiază, ambele diviziuni primesc aceleaşi gene – toate genele. Dar diferitele celule primesc combinaţii diferite ale substanţelor chimice care declanşează combinaţii diferite ale genelor, iar unele gene declanşează sau opresc funcţionarea altor gene. Şi astfel programul de încărcare iniţial continuă până când vom obţine toată gama diferitelor tipuri de celule.

Embrionul care se dezvoltă nu se diferenţiază numai în două sute de tipuri celulare. Embrionul parcurge, de asemenea, schimbări dinamice elegante ale formei externe şi interne. Poate cea mai dramatică dintre acestea este una dintre cele mai timpurii: procesul cunoscut sub numele de gastrulaţie. Distinsul embriolog Lewis Wolpert a mers atât de departe încât a spus: „nu naşterea, nu căsătoria sau

moartea, ci gastrulaţia este cu adevărat cel mai important moment din viaţa dumneavoastră.” În timpul gastrulaţiei, o sferă de celule goală în interior se curbează pentru a forma o cupă căptuşită în interior. În esenţă, în dezvoltarea lor, toţi embrionii din regnul animal parcurg acelaşi proces al gastrulaţiei. Este temelia comună pe care se bazează diversitatea dezvoltării embrionare. Am menţionat aici gastrulaţia doar ca pe un exemplu – unul deosebit de dramatic – al unui fel de schimbare continuă, asemănătoare modelării hârtiei în arta origami a japonezilor, a tuturor foiţelor celulare implicate în dezvoltarea embrionară.

Sfârşitul unei reprezentaţii origami plină de virtuozitate; după numeroase invaginări, evaginări, curbări şi alungiri ale straturilor de celule; după creşterea diferenţiată dinamic orchestrată a unor părţi ale embrionului pe seama celorlalte părţi; după diferenţierea în sute de tipuri de celule specializate chimic şi fizic; când numărul total de celule a ajuns la trilioane, produsul final este un copil. Nu, nici măcar copilul nu este produsul final, fiindcă întreaga dezvoltare a individului – iarăşi cu unele părţi care cresc mai rapid decât altele – după vârsta adultă şi până la bătrâneţe, ar trebui văzută ca o prelungire a aceluiaşi proces de dezvoltare embrionară: dezvoltarea embrionară totală.

Indivizii se deosebesc din cauza diferenţelor legate de detaliile cantitative provenind din timpul dezvoltării lor embrionare totale. Un strat de celule creşte puţin mai mult înainte de a se plia, şi rezultatul este – care? – Un nas acvilin mai degrabă decât unul cârn; tălpi plate care, scutindu-te de armată, ţi-ar putea salva viaţa; o conformaţie particulară a umărului care te predispune să fii bun la aruncat suliţa (sau grenade de mână, sau mingi de cricket, depinde de împrejurări). Câteodată schimbările individuale în aranjamentul origami al stratului de celule pot avea consecinţe tragice, ca atunci când un copil este născut cu cioturi în loc de braţe şi fără palme. Diferenţele individuale, care nu se manifestă în stratul celular origami, ci sunt pur chimice, nu sunt mai puţin importante prin

consecinţe: incapacitatea de a digera laptele, predispoziţia la homosexualitate, sau alergia la alune, sau impresia că gustul fructelor de mango este dezagreabil, comparabil cu cel al terebentinei.

Dezvoltarea embrionară este o realizare fizică şi chimică foarte complexă. Schimbarea unui detaliu în oricare moment al desfăşurării ei poate avea consecinţe ulterioare remarcabile. Aceasta nu este atât de surprinzător dacă ne reamintim cât de riguroasă este programarea iniţială a procesului. Multe dintre deosebirile care apar în modul de dezvoltare al indivizilor sunt determinate de schimbările de mediu – lipsa de oxigen sau tratamentul cu talidomidă, de exemplu. Multe alte deosebiri sunt datorate diferenţelor în privinţa conţinutului de gene – nu doar genele considerate separat, ci genele aflate în interacţiune cu alte gene şi în interacţiune cu schimbările de mediu. Un proces atât de complicat, caleidoscopic, cu o programare iniţială atât de complexă, bazată pe interdependenţă, că dezvoltarea embrionară este deopotrivă robust şi sensibil. Este robust în sensul că reuşeşte să facă faţă multor schimbări potenţiale, pentru a produce un copil viu, împotriva unor sorţi potrivnici care uneori par aproape copleşitori; în acelaşi timp, este sensibil la schimbări, deoarece doi indivizi, chiar gemenii identici, nu sunt literalmente identici în toate trăsăturile lor.

Şi acum să vă spun unde am vrut să ajung. În măsura în care diferenţele dintre indivizi se datorează genelor (care poate fi o măsură mare sau una mică), selecţia naturală poate favoriza unele forme ale origami-ului embriologic sau chimiei embriologice, şi să defavorizeze altele. În măsura în care extinderea braţului dumneavoastră care aruncă este determinată de gene, selecţia naturală îl poate favoriza sau defavoriza. Dacă a fi în stare să arunci bine are un efect, oricât de mic, asupra probabilităţii de supravieţuire a individului suficient de mult pentru a avea copii, în măsura în care abilitatea aruncatului este influenţată de gene, acele gene vor avea o şansă mai mare să se transmită în generaţia următoare. Orice individ poate muri din motive

care nu au nimic de a face cu abilitatea lui la aruncat. Dar, dacă prezenţa unei gene tinde să-i facă pe indivizi mai buni la aruncat decât absenţa ei, va sălăşlui într-o mulţime de corpuri atât bune cât şi rele de-a lungul multor generaţii. Din punctul de. Vedere al genei respective, celelalte cauze ale morţii vor fi în medie cam aceleaşi. Din perspectiva genei există doar concepţia stabilită pe termen lung al râului de ADN curgând neîntrerupt de-a lungul generaţiilor numai temporar adăpostite într-un corp sau altul, numai temporar împărţind un corp cu genele companioane care pot fi favorizante sau defavorizante.

În timp, râul devine plin de gene utile supravieţuirii din anumite motive: fiindcă îmbunătăţesc oarecum capacitatea de a arunca suliţa sau pe cea de a gusta otravă sau orice altceva. Genele care în medie sunt mai puţin utile supravieţuirii – deoarece tind să producă o vedere astignatică în corpurile lor succesive şi care sunt, ca urmare, mai puţin utile aruncătorilor de suliţă; sau care fac corpurile lor succesive mai puţin atrăgătoare şi, ca urmare, cu şanse mai mici de împerechere – astfel de gene vor tinde să dispară din râu. În toate acestea nu uitaţi concluziile la care am ajuns mai devreme. Genele care supravieţuiesc în râu vor fi cele bune pentru supravieţuire, în condiţiile de mediu normale ale speciei, şi poate cea mai importantă componentă a mediului normal o reprezintă celelalte gene ale speciei; celelalte gene cu care o genă este probabil să împartă acelaşi corp; celelalte gene care înoată prin erele geologice în acelaşi râu.

CAPITOLUL 2

Întreaga Africă şi progeniturile ei

S-a crezut adesea că e inteligent să afirmi că ştiinţa nu este nimic mai mult decât mitul nostru modern privind originea. Evreii i-au avut pe Adam şi Eva, sumerienii pe Marduk şi Gilgamesh, grecii pe Zeus şi pe olimpieni, nordicii, Walhalla. Ce este evoluţia, se întreabă unii oameni inteligenţi, dacă nu echivalentul nostru modern al zeilor şi eroilor epopeelor, nici mai buni, nici mai răi, nici mai adevăraţi, nici mai falşi? Există un curent filozofic la modă numit relativism cultural care susţine, în forma lui extremă, că ştiinţa nu poate avea pretenţia de a cunoaşte adevărul mai mult decât mitul tribal: ştiinţa este doar mitologia favorizată de tribul nostru occidental modern. Odată, am fost provocat de către un coleg antropolog să-mi exprim opinia tranşant: să presupunem că există un trib, am spus, care crede că luna este o tigvă aruncată cândva pe cer, atârnând printre vârfurile copacilor. Pretinzi sincer că adevărul nostru ştiinţific – luna este aproape la un sfert de milion de mile depărtare şi are un sfert din diametrul pământului – nu este mai adevărat decât tigva tribului? „Da”, a răspuns antropologul. „Noi am fost educaţi într-o cultură care vede lumea într-un mod ştiinţific. Ei au fost crescuţi să vadă lumea în alt fel. Nici un punct de vedere nu este mai adevărat decât celălalt.”

Arată-mi un relativist cultural la o distanţă de treizeci de mii de picioare şi-ţi voi arăta un ipocrit. Avioanele construite conform principiilor ştiinţifice funcţionează. Ele

zboară şi te duc la destinaţia aleasă. Avioanele construite după specificaţiile tribale sau mitologice cum sunt acele imitaţii ale avioanelor din luminişurile junglei sau aripile din ceară de albine ale lui Icar nu funcţionează[3]. Dacă zbori la un congres internaţional de antropologie sau critică literară, motivul pentru care probabil vei ajunge acolo – motivul pentru care nu te prăbuşeşti direct pe un câmp arăt – este acela că o mulţime de ingineri occidentali, pregătiţi ştiinţific, şi-au făcut corect calculele. Ştiinţa apuseană, bazându-se pe dovezi temeinice conform cărora orbita lunii se află la o distanţă de un sfert de milion de mile de pământ, folosind computere şi rachete proiectate în Occident, a reuşit să plaseze oameni pe suprafaţa ei. Ştiinţa tribală, care crede că luna se află deasupra copacilor, nu va ajunge la ea decât în vise.

Rareori susţin un discurs public fără ca un membru al auditoriului să nu intervină radios cu ceva în genul colegului meu antropolog, şi de obicei smulge murmure de încuviinţare. Fără îndoială, cei care îl aprobă se simt buni şi liberali şi nerasişti. Afirmaţia următoare provoacă încă şi mai multe murmure de încuviinţare: „în mod fundamental, încrederea dumneavoastră în evoluţie provine din credinţă, şi prin urmare nu este mai bună decât credinţa altcuiva în grădina Edenului.”

Fiecare trib a avut propriul mit despre originea sa, propria poveste care explică universul, viaţa şi umanitatea. Într-un anumit sens, ştiinţa furnizează într-adevăr

[3] Nu este prima dată când folosesc acest argument zdrobitor, şi trebuie să accentuez că el se adresează numai oamenilor care gândesc despre tigvă asemănător colegului meu. Sunt alţii care, confuzi, se declară, de asemenea, relativişti culturali, deşi opiniile lor sunt complet diferite şi perfect raţionale. Pentru ei, relativismul cultural înseamnă doar că nu poţi înţelege o cultură dacă încerci să-i interpretezi credinţele în termenii culturii tale. Trebuie să priveşti fiecare dintre credinţele culturii în contextul altor credinţe ale acelei culturi. Cred că această formă raţională a relativismului cultural este una originală, iar cea pe care am criticat-o este una extremistă, îngrijorător de răspândită totuşi, pervertind-o pe cea rezonabilă. Relativiştii înţelepţi ar trebui să se străduiască mai mult, să se distanţeze de această categorie fără minte. (N. a.)

echivalentul acestuia, cel puţin pentru segmentul educat al societăţii noastre moderne. Ştiinţa poate fi descrisă chiar ca o religie, şi eu am publicat, nu pe de-a-ntregul în glumă, un scurt studiu despre ştiinţă, ca subiect potrivit orelor de religie[4]. (În Marea Britanie, educaţia religioasă este o parte obligatorie a activităţii şcolare, nu ca în Statele Unite, unde este interzisă din teamă de a ofensa vreuna din multele credinţe reciproc incompatibile.) Ştiinţa împarte cu religia pretenţia de a răspunde întrebărilor profunde despre origine, natura vieţii şi cosmos. Dar asemănarea se sfârşeşte aici. Spre deosebire de mituri şi credinţe, convingerile ştiinţifice sunt susţinute de dovezi şi au rezultate.

Dintre toate miturile originii, povestea evreiască a grădinii Edenului este aşa de răspândită în cultura noastră încât şi-a lăsat ca moştenire numele unei teorii ştiinţifice importante despre originea noastră, teoria „Evei africane”. Dedic acest capitol Evei africane în parte pentru că altfel nu voi putea să dezvolt analogia cu râul de ADN, dar, de asemenea, şi pentru că vreau să o contrapun, ca ipoteză-ştiinţifică, matriarhatului legendar al grădinii Edenului. Dacă voi reuşi, veţi găsi adevărul mai interesant, poate chiar mai poetic, decât mitul. Începem cu un exerciţiu de pur raţionament. Relevanţa lui va deveni curând limpede.

Aveţi doi părinţi, patru bunici, opt străbunici şi aşa mai departe. Cu fiecare generaţie, numărul de strămoşi se dublează. Ne întoarcem cu g în urmă generaţii şi numărul strămoşilor este 2 înmulţit cu el însuşi de g ori: 2 la puterea g. Deci, prin calcul pur teoretic, constatăm imediat că aşa ceva nu este posibil. Ca să ne convingem noi înşine de aceasta trebuie doar să ne întoarcem puţin în timp, să zicem, pe vremea lui Isus, cu aproape două mii de ani în urmă. Dacă presupunem, fără a exagera, patru generaţii pe secol – adică faptul că oamenii se căsătoresc şi nasc copii în medie, la vârsta de douăzeci şi cinci de ani – două mii de ani totalizează numai optzeci de generaţii. Cifra reală este probabil mai mare (până de curând multe femei deveneau

[4] *The Spectator,* Londra, 6 august 1994.

mame la o vârstă foarte fragedă), dar acesta este doar un calcul simplu, iar concluzia este aceeaşi indiferent de asemenea detalii. Doi multiplicat cu doi de optzeci de ori este un număr formidabil, un 1 urmat de 24 de zero, un trilion de trilioane. Ai avut un milion de milioane de milioane de milioane de strămoşi care erau contemporanii lui Isus. Şi la fel am avut şi eu. Dar întreaga populaţie a lumii la acea dată era o fracţiune a unei fracţii neglijabile din numărul strămoşilor pe care tocmai i-am calculat.

Evident, am greşit undeva, dar unde? Am făcut calculul corect. Singura greşeală a constat în presupunerea dublării numărului în fiecare generaţie. De fapt, am uitat că rudele se căsătoresc. Presupun că fiecare avem opt străbunici. Dar orice copil rezultat din căsătoria între veri primari are doar şase străbunici, deoarece bunicii comuni ai verilor sunt străbunicii copiilor. „Şi cei cu asta?", aţi putea întreba. Oamenii se căsătoresc întâmplător cu rudele lor (soţia lui Charles Darwin, Emma Wedgwood, îi era vară primară), dar cu siguranţă nu se întâmplă suficient de des pentru ca acest fapt să fie luat în calcul? Ba da, trebuie, deoarece „rudă", din punctul nostru de vedere, include veri de gradul doi, cinci, şaisprezece şi aşa mai departe. Când iei în calcul veri atât de îndepărtaţi, fiecare căsătorie este una între rude. Auzi uneori oameni care se laudă că sunt rude îndepărtate cu regina, dar e mai degrabă o vanitate a lor, pentru că noi *toţi* suntem rude îndepărtate ale reginei, şi cu toţi ceilalţi, din mai multe puncte de vedere decât vor putea fi stabilite vreodată. Singurul aspect special al regalităţii şi aristocraţiei este că în cazul lor se poate stabili înrudirea cu exactitate. Ca şi cel de al patrusprezecelea conte al Casei Regale care ar fi spus când a fost ironizat de adversarul său politic în privinţa titlului: „Presupun domnul Wilson, dacă mă gândesc bine, al patrusprezecelea domn Wilson."

Rezultatul este că suntem rude mult mai apropiate unii cu alţii decât ne închipuim în mod normal şi că avem mult mai puţini strămoşi decât arată calculul simplu. Încercând să fac să raţioneze din această perspectivă, i-am cerut o

dată unei studente să evalueze cu cât timp în urmă ar fi putut să trăiască un strămoş pe care noi doi l-am avut în comun. Privindu-mi cu atenţie faţa, ea a replicat fără ezitare, cu un accent rural, tărăgănat: „Pe vremea maimuţei.” Un salt intuitiv scuzabil, dar aproximativ 10 000 la sută greşit. Ar sugera o separaţie măsurată în milioane de ani. Adevărul este că cel mai recent strămoş comun al ei şi al meu a trăit poate cu nu mai mult de două secole în urmă, probabil mult după William Cuceritorul. De altfel, am fost cu siguranţă rude, în mod simultan, în multe feluri diferite.

Modelul ascendenţei care ne-a condus la calcularea unui număr exagerat de strămoşi a fost un arbore care se ramifica la infinit. Întors cu susul în jos, şi la fel de greşit, este modelul arborelui descendenţei. Un individ obişnuit are doi copii, patru nepoţi, opt strănepoţi şi aşa mai departe în jos spre imposibile trilioane de descendenţi peste câteva secole. Un model mult mai realist, al ascendenţei şi descendenţei este râul de gene care curge, prezentat în capitolul anterior. Între malurile sale, genele sunt un râu care se rostogoleşte la infinit prin timp. Curenţii se învolburează, se despart şi se unesc din nou tot aşa cum genele se amestecă şi se despart mergând pe râul timpului. Scoateţi la intervale o găleată de apă din diverse puncte aflate de-a lungul râului. Perechi de molecule din găleată au mai fost companioni înainte, la intervale, în timpul înaintării lor pe râu în jos şi vor mai fi companioni încă o dată. Ele au fost, de asemenea, foarte îndepărtate în trecut şi vor fi din nou. Este greu să stabileşti punctele de contact, dar putem fi matematic siguri că aceste contacte au loc – matematic siguri că, dacă două gene nu sunt în contact într-un anumit loc, nu va trebui să căutăm departe, în ambele direcţii de-a lungul râului până când ele se vor găsi din nou împreună.

Poţi să nu ştii că eşti rudă soţului tău, dar este statistic probabil că nu va trebui să mergi prea departe în ascendenţa ta până când vei întâlni o joncţiune cu spiţa lui. Privind în cealaltă direcţie, către viitor, ar părea evident să

existe mari şanse să ai descendenţi cu soţul sau soţia ta. Dar în acest moment intervine un gând şi mai uimitor. Să presupunem că eşti cu un grup mare de oameni – să zicem, la un concert sau la un meci de fotbal –, priveşti în jur publicul şi reflectezi asupra următorului lucru: dacă vei avea totuşi câţiva descendenţi în viitorul îndepărtat, există probabil oameni la acelaşi concert ale căror mâini le poţi strânge în calitate de coancestori ai viitorilor tăi descendenţi. Co-bunicii aceloraşi copii de obicei ştiu că sunt coancestori, şi aceasta trebuie să le dea lor un anumit sentiment de afinitate, fie că le place, fie că nu le place. Se pot uita unul la altul spunând: „Ei bine, pot să nu-l plac prea mult, dar ADN-ul lui este amestecat cu al meu în nepotul nostru comun şi putem spera să avem descendenţi comuni în viitor, mult timp după ce nu vom mai fi. Desigur, asta creează o legătură între noi.” Dar părerea mea este că dacă totuşi vei fi binecuvântat cu descendenţi, unii dintre străinii de la concert vor fi probabil coancestorii tăi. Poţi observa publicul şi să meditezi care indivizi, bărbat sau femeie, sunt meniţi să aibă descendenţi comuni cu tine şi care nu. Tu şi cu mine, oricine ai fi şi orice culoare sau sex ai avea, putem fi foarte bine coancestori. ADN-ul tău poate fi destinat să se amestece cu al meu. Salutări!

Acum să presupunem că ne întoarcem înapoi cu o maşină a timpului, probabil într-o mulţime în Colosseum, său mult mai departe, într-o zi de târg în Ur, sau chiar încă şi mai departe. Supraveghează mulţimea exact cum ne-am imaginat pentru publicul modern al concertului. Închipuieşte-ţi că ai putea împărţi aceşti indivizi dispăruţi de mult în doar două categorii: cei care sunt şi cei care nu sunt ancestorii tăi. Aceasta e destul de clar, dar acum ne apropiem de un adevăr remarcabil. Dacă maşina timpului te-a adus suficient de mult înapoi în timp, poţi împărţi indivizii întâlniţi în cei care sunt ancestorii tuturor oamenilor care trăiesc în 1995 şi în cei care nu au urmaşi care trăiesc în 1995. Nu există posibilităţi intermediare. Fiecare individ pe care ţi-au căzut ochii când ai coborât din maşina timpului poate să fie un strămoş uman universal sau poate

să nu fie strămoşul nimănui.

Aceasta este o idee care trebuie reţinută şi este foarte uşor să o demonstrezi. Tot ce trebuie să faci este să-ţi deplasezi mental maşina timpului cu enorm de mult timp în urmă: să zicem, cu trei sute cincizeci de milioane în urmă, când strămoşii noştri erau peşti cu înotătoare rotunjite, cu plămâni, care părăseau apa şi deveneau amfibieni. Dacă un anumit peşte ar fi strămoşul meu, ar fi de neconceput să nu fie totodată şi strămoşul tău. În caz contrar, ar însemna că spiţa care a dus la tine şi cea care a dus la mine s-au dezvoltat independent, fără încrucişarea lor, din peşti prin amfibieni, reptile, mamifere, primate, maimuţe şi hominide, ajungând atât de asemănători încât putem vorbi unul cu altul şi, dacă am fi de sex opus, ne-am putea căsători unul cu altul. Ce este valabil pentru noi doi este valabil pentru oricare pereche de oameni.

Am demonstrat că, dacă am călători înapoi în timp suficient de departe, fiecare individ pe care îl întâlnim trebuie să fie strămoşul fie al nostru, al tuturor, fie al nici unuia dintre noi. Dar cât de departe este „suficient de departe”? Evident, nu trebuie să ne întoarcem la peştii cu înotătoare rotunjite – aceasta a fost o *reductio ad absurdum* –, dar cât de departe ar trebui să ne întoarcem pentru a ajunge la strămoşul universal al fiecărui om care trăieşte în 1995? Aceasta este o întrebare mult mai dificilă la care vreau să revin. La o astfel de întrebare nu se poate răspunde teoretic. Avem nevoie de informaţii reale, măsurători din lumea concretă a faptelor particulare.

Sir Ronald Fisher, formidabilul genetician şi matematician englez care ar putea fi considerat cel mai mare succesor al lui Darwin din secolul al XX-lea, precum şi părintele statisticii moderne, a spus în 1930:

> Doar barierele geografice şi alte bariere care se interpun relaţiilor sexuale între diferite rase... împiedică întreaga specie umană să aibă, cu excepţia ultimilor o mie de ani, practic o origine identică. Ascendenţa membrilor unei aceleiaşi naţii poate fi puţin diferită după ultimii cinci sute de ani; la două mii

de ani, singurele diferenţe care s-ar părea că rămân ar fi acelea dintre rasele etnografice distincte; acestea... pot fi într-adevăr extrem de vechi; dar aceasta s-ar întâmpla numai în cazul în care pentru un timp îndelungat schimbul de sânge între grupurile separate ar fi aproape inexistent.

În termenii analogiei noastre cu râul, Fisher s-a bazat de. Fapt pe realitatea că genele tuturor membrilor unei rase geografic unite se scurg prin acelaşi râu. Dar când a ajuns la cifrele reale – cinci sute de ani, două mii de ani, vechimea separării diferitelor rase – Fisher a trebuit să facă evaluări pe bază de documente. Dovezi edificatoare nu erau disponibile în vremea lui. Acum, o dată cu evoluţia biologiei moleculare, există o abundenţă stânjenitoare de informaţii. Biologia moleculară este cea care ne-a dat-o pe carismatica Eva africană.

Râul digital nu este singura metaforă care a fost folosită. Este tentant să compari ADN-ul fiecăruia dintre noi cu o Biblie de familie. ADN-ul este o bucată de text foarte lungă, scrisă, aşa cum am văzut în capitolul precedent, cu un alfabet de patru litere. Literele au fost meticulos copiate de la strămoşii noştri şi numai de la ei, cu o remarcabilă fidelitate, chiar în cazul unor strămoşi foarte îndepărtaţi. Ar trebui să fie posibil, prin compararea textelor conservate în diferiţi oameni, să reconstituim relaţia lor de rudenie şi să mergem înapoi la un strămoş comun. Rudele îndepărtate, al căror ADN a avut mai mult timp să se diversifice – să zicem, norvegienii şi aborigenii australieni –, ar trebui să difere printr-un număr mai mare de cuvinte. Savanţii fac un astfel de lucru cu diferitele versiuni ale documentelor biblice. Din nefericire, în cazul arhivelor de ADN există o hibă: sexul.

Sexul este coşmarul unui arhivar. În loc să păstreze intacte textele ancestrale, cu excepţia, eventual, a unei erori inevitabile, sexul intervine la întâmplare şi cu impetuozitate şi distruge mărturiile. Nici un taur nu a devastat vreodată un magazin de porţelanuri aşa cum a devastat sexul arhivele ADN. Nu există nimic asemănător în

învăţătura biblică. Aşa cum se ştie, un savant care încearcă să descopere, să zicem, originile *Cântării* lui Solomon, îşi dă seama că nu este tocmai ceea ce pare a fi. Cântarea are pasaje care nu se leagă de restul, sugerând că este compusă într-adevăr din fragmente ale câtorva poeme diferite, doar câteva dintre ele erotice, adunate laolaltă. Ea conţine erori – schimbări – în special în traducere. „Prindeţi vulpile, prindeţi puii lor, ele ne strică viile” este o traducere greşită şi, chiar dacă prin repetarea de-a lungul timpului ea a ajuns să aibă o rezonanţă obsedantă, este puţin probabil să fie înlocuită prin mult mai corectă „Prindeţi liliecii de fructe, micuţii lilieci de fructe...”:

> Iarna a trecut, ploaia a-ncetat. Flori pe câmp s-au arătat şi a sosit vremea cântării, în ţarină glas de turturea s-aude.

Poezia este atât de fermecătoare încât nu aş vrea să-i stric vraja remarcând că şi aici apare o schimbare neîndoielnică. Să înlocuim „turturea” cu „porumbel”, aşa cum o fac traducerile moderne corecte, dar greoaie, şi constatăm că se pierde ritmul. Dar acestea sunt erori minore, inevitabile, degradări fără importanţă la care ne aşteptăm atunci când documentele nu sunt tipărite în mii de exemplare sau imprimate pe dischete de calculator de mare fidelitate, ci doar copiate şi recopiate de scribi muritori de pe papirusuri găsite cu greu şi vulnerabile.

Dar acum să lăsăm sexul să intre în scenă. (Nu, în sensul de care vorbesc eu, sexul nu intră în *Cântarea cântărilor.)* Sexul, în sensul în care mă refer eu, distruge o jumătate dintr-un document sub formă de fragmente alese la întâmplare şi amestecă ceea ce rămâne cu jumătate din alt document făcut ferfeniţă. Incredibil – ba chiar un act de vandalism – aşa ar părea, asta e exact ceea ce se întâmpla ori de câte ori se formează o celulă sexuală. De exemplu, când un bărbat produce o celulă spermatică, cromozomii moşteniţi de la tatăl său se despart de cei moşteniţi de la mama sa şi o mare parte îşi schimbă locurile. Cromozomii unui copil reprezintă un amestec atât de încâlcit al

cromozomilor bunicilor încât devin neidentificabili, şi aşa mai departe înapoi la strămoşii lui îndepărtaţi. Din posibilele texte străvechi, unele litere, poate unele cuvinte, pot să supravieţuiască intacte de-a lungul generaţiilor. Dar capitolele, paginile, chiar paragrafele sunt decupate şi recombinate cu o eficienţă atât de nemiloasă, încât sunt aproape de nefolosit într-o investigare istorică. Sexul este marele disimulator al istoriei ancestrale.

Putem folosi arhivele ADN pentru a reconstitui istoria numai dacă sexul nu intră în joc. Mă gândesc la două exemple importante. Unul se referă la Eva africană, şi voi reveni la el. Celălalt se referă la reconstituirea originii mai îndepărtate – cercetând mai degrabă relaţiile dintre specii decât pe cele intraspecifice. Aşa cum am văzut în capitolul precedent, amestecul determinat de sex are loc doar în interiorul speciei. Când o specie parentală dă naştere unei specii fiice, râul de gene se împarte în două ramuri. După ce au fost suficient timp despărţite, amestecul determinat de sex în interiorul fiecărui râu nu numai că nu este un obstacol pentru arhivarul genetic, ci chiar ajută la reconstituirea originii şi a relaţiilor de înrudire dintre specii. Numai în cazul relaţiilor de înrudire din interiorul speciei, sexul încurcă mărturiile. În cazul relaţiilor dintre specii, sexul ajută deoarece tinde automat să facă din fiecare individ o probă genetică reprezentativă pentru întreaga specie. Nu contează ce găleată scoţi afară din mult învolburatul râu; va fi reprezentativă pentru apa din acel râu.

Testele ADN prelevate de la reprezentanţii diferitelor specii au fost într-adevăr comparate, cu mare succes, literă cu literă, pentru a construi arborii genealogici ai speciilor. Este chiar posibil, conform unei şcoli influenţe de gândire, să pui datele pe ramuri. Această posibilitate decurge din mult controversata noţiune de „ceas molecular”: presupunerea că mutaţiile, în orice regiune a textului genetic, se produc cu o rată constantă per milion de ani. Vom reveni imediat la ipoteza ceasului molecular.

„Paragraful” din genele noastre care descrie proteina

numită citocrom *c* are o lungime de 339 litere. Schimbarea a douăsprezece litere separă citocromul *c* uman de citocromul *c* al căilor, rudele noastre destul de îndepărtate. Numai o literă schimbată din citocromul *c* separă oamenii de maimuţe (rudele noastre destul de apropiate), o literă schimbată separă caii de măgari (rudele lor foarte apropiate) şi trei litere schimbate separă caii de porci (rudele lor oarecum mai îndepărtate). Schimbarea a 45 de litere separă oamenii de drojdii şi acelaşi număr desparte porcii de drojdii. Nu este surprinzător că aceste numere ar putea fi aceleaşi, deoarece, dacă urmărim înapoi râul care duce la oameni, observăm că acesta se uneşte cu cel care conduce la porci mult mai recent decât se uneşte râul lor comun cu râul care conduce la drojdii. Există totuşi o mică variaţie a acestor numere. Numărul schimbărilor de litere în citocromul *c* care separă caii de drojdii nu este 45 ci 46. Aceasta nu înseamnă că porcii sunt rude mai apropiate ale drojdiilor decât caii. Ei sunt la fel de apropiaţi de drojdii ca şi celelalte vertebrate – şi de fapt toate animalele. Poate că s-a strecurat o schimbare suplimentară în spiţa care a dus la căi de pe vremea strămoşului destul de recent pe care-l au în comun cu porcii. Aceasta nu este un lucru important. În ansamblu, numărul schimbărilor de litere în citocromul *c* care desparte perechile de animale este destul de apropiat de cel la care ne-am fi aşteptat, rezultat din modelul ramificaţiei arborelui genealogic.

Teoria ceasului molecular, după cum am menţionat, susţine că rata schimbării unei anumite bucăţi de text per milion de ani este fixă. În legătură cu schimbările celor 46 de litere ale citocromului c care separă caii de drojdii, se presupune că aproximativ jumătate dintre acestea s-au produs în timpul evoluţiei de la strămoşul comun la caii actuali şi aproape jumătate au avut loc în timpul evoluţiei de la strămoşul comun la drojdiile actuale (evident, celor două căi de evoluţie le-a fost necesar acelaşi număr de milioane de ani pentru a se realiza). La prima vedere această supoziţie pare surprinzătoare. La urma urmelor, este foarte probabil că strămoşul comun să fi semănat mai

mult cu drojdiile decât cu un cal. Reconcilierea rezidă în presupunerea, acceptată tot mai mult de la susţinerea ei de către eminentul genetician japonez Motoo Kimura, că cea mai mare parte a textelor genetice se pot schimba liber fără ca înţelesul textului să fie afectat.

O bună analogie este folosirea mai multor caractere de litere într-un text tipărit. „Un **cal** este un **mamifer**.” „O **drojdie** este o **ciupercă**.” Înţelesul acestor propoziţii este clar şi răspicat, chiar dacă fiecare cuvânt este tipărit cu diferite caractere de litere. Ceasul molecular ticăie corespunzător schimbărilor fără sens ale caracterelor pe măsură ce milioanele de ani trec. Schimbările care sunt supuse selecţiei naturale şi care descriu diferenţele dintre un cal şi o drojdie – schimbările în *înţelesul* propoziţiilor – sunt vârful aisbergului.

Unele molecule au un ritm al ceasului mai înalt decât altele. Citocromul *c* evoluează relativ încet: aproximativ o literă se schimbă la fiecare douăzeci şi cinci de milioane de ani. Aceasta probabil deoarece importanţa vitală a citocromului *c* pentru supravieţuirea unui organism depinde în mod critic de forma sa detaliată. Cele mai multe schimbări ale unei astfel de molecule cu formă critică nu sunt tolerate de selecţia naturală. Alte proteine, ca de exemplu cele numite fibrinopeptide, deşi sunt importante, funcţionează la fel de bine într-o mulţime de forme variate. Fibrinopeptidele sunt implicate în coagularea sângelui şi cele mai multe din detaliile lor se pot modifica fără a afecta capacitatea de coagulare. Rata schimbărilor în aceste proteine este în jur de una la fiecare şase sute de mii de ani, o rată de patruzeci de ori mai rapidă decât cea a citocromului *c*. Prin urmare, fibrinopeptidele nu sunt bune pentru reconstituirea ascendenţei străvechi, dar sunt utile pentru reconstituirea ascendenţei mai recente – de exemplu, în cadrul mamiferelor. Există sute de proteine diferite, fiecare schimbându-se cu propriul său ritm caracteristic şi fiecare putând fi folosită independent pentru reconstituirea arborilor genealogici. Toate dau cam acelaşi arbore genealogic ceea ce, pentru că a venit vorba, este o

dovadă destul de bună, dacă mai era necesară vreuna, că teoria evoluţiei este adevărată.

Am început această discuţie de la înţelegerea faptului că amestecul determinat de sex învălmăşeşte înregistrarea istorică. Există două căi prin care efectele sexului ar putea fi evitate. Tocmai ne-am ocupat de una dintre ele, care decurge din faptul că sexul nu amestecă gene între specii. Aceasta oferă posibilitatea folosirii secvenţelor de ADN pentru reconstituirea arborilor genealogici străvechi ai strămoşilor noştri îndepărtaţi care au trăit cu mult înainte ca noi să devenim fiinţe umane. Dar am stabilit deja că, dacă ne-am întoarce atât de departe, am constata că noi oamenii descindem în orice caz din acelaşi unic individ. Am vrut să aflăm cât de departe în urmă am putea să ne revendicăm descendenţa comună cu toţi ceilalţi oameni. Pentru a descoperi acest lucru trebuie să ne referim la un fel diferit de mărturie ADN. În acest punct intervine în scenariu Eva africană.

Eva africană este numită uneori Eva mitocondrială. Mitocondriile sunt corpusculi minusculi în formă de pastile, mişunând cu miile în fiecare din celulele noastre. Ele sunt în esenţă goale în interior, dar au totuşi o structură internă complicată, fiind compartimentate prin intermediul unor membrane. Suprafaţa furnizată de aceste membrane este mult mai mare decât s-ar putea crede după aspectul lor exterior şi ea este folosită. Membranele constituie liniile de producţie ale unei uzine chimice – mai precis, o centrală energetică. Un lanţ de reacţii atent controlat se desfăşoară de-a lungul membranelor – un lanţ de reacţii care implică mai multe etape decât în oricare uzină chimică creată de om. Rezultatul este că energia, care îşi are originea în moleculele de hrană, este eliberată în etape controlate şi stocată în formă reutilizabilă pentru a fi arsă mai târziu, de câte ori este nevoie, oriunde în organism. Fără mitocondriile noastre am muri într-o secundă.

Aceasta este activitatea mitocondriilor, dar acum ne interesează mai mult originea lor. Iniţial, în istoria străveche a evoluţiei, ele erau bacterii. Aceasta este

remarcabilă teorie susţinută de către cunoscută Lynn Margulis de la University of Massachusetts at Amherst, care, de la nişte începuturi heterodoxe, a trecut printr-o perioadă în care a trezit un interes plin de invidie, cunoscând în ziua de azi triumful acceptării unanime. În urmă cu două miliarde de ani, strămoşii îndepărtaţi ai mitocondriilor erau nişte bacterii care trăiau libere. Împreună cu alte bacterii de tipuri diferite, şi-au stabilit domiciliul în interiorul celulelor mai mari. Comunitatea de bacterii („procariote”) rezultată a devenit o celulă mare („eucariotă”) pe care noi o numim a noastră. Fiecare dintre noi este o comunitate de sute de milioane de milioane de celule eucariote interdependente. Fiecare dintre aceste celule este o comunitate de mii de bacterii domesticite, în întregime incluse în interiorul celulei, unde se multiplică precum bacteriile. S-a calculat că dacă mitocondriile unui singur organism uman s-ar înlănţui cap la cap, ar putea înconjura pământul nu doar o dată, ci de două mii de ori. Un singur animal sau o singură plantă este o vastă comunitate de comunităţi înghesuite în straturi care interacţionează, ca o pădure tropicală. Şi aşa cum se întâmpla în pădurea tropicală, care este o comunitate în care mişună poate zece milioane de specii de organisme, fiecare membru individual al fiecărei specii fiind el însuşi o comunitate de comunităţi de bacterii domesticite. Teoria doctorului Margulis asupra originii – celula ca o grădină cu bacterii împrejmuită – nu e numai incomparabil mai sugestivă, emoţionantă şi înălţătoare decât povestea grădinii Edenului. Ea are avantajul suplimentar de a fi aproape cu certitudine adevărată.

Asemenea majorităţii biologilor, îmi însuşesc acum adevărul teoriei lui Margulis, şi am menţionat-o în acest capitol doar pentru a urmări o implicaţie deosebită: mitocondriile posedă propriul lor ADN, care este limitat la un singur cromozom circular ca şi la alte bacterii. Şi acum, să vă spun unde am vrut să ajung. ADN-ul mitocondrial nu participă la nici un amestec determinat de sex, nici cu ADN-ul principal, „nuclear”, al organismului şi nici cu ADN-ul

altor mitocondrii. Mitocondriile, asemănător bacteriilor, se reproduc prin simplă diviziune. Întotdeauna o mitocondrie se divide în mitocondrii fiice, fiecare dintre ele obţinând câte o copie identică – exceptând mutaţia neprevăzută – a cromozomului original. Acum puteţi vedea frumuseţea acestui fapt, din punctul nostru de vedere, ca genealogi ai unor perioade îndelungate. Am aflat că, în ce priveşte textele noastre ADN obişnuite, în fiecare generaţie sexul încurcă mărturiile, amestecând contribuţiile liniilor materne şi paterne. ADN-ul mitocondrial este din fericire celibatar.

Primim mitocondriile doar de la mamă. Spermatozoizii sunt prea mici pentru a conţine mai mult decât câteva mitocondrii; ei conţin doar atât cât să le dea energia necesară propulsării prin mişcările cozilor spre ovul, şi aceste mitocondrii sunt îndepărtate o dată cu coada, când capul spermatozoidului este absorbit în ovul în timpul fecundării. Spre deosebire de spermatozoid, ovulul este masiv, iar interiorul lui imens, plin cu lichid, conţine o bogată cultură de mitocondrii. Această cultură însămânţează corpul copilului. Aşa că, indiferent dacă sunteţi femeie sau bărbat, toate mitocondriile dumneavoastră descind dintr-un inocul iniţial al mitocondriilor mamei dumneavoastră. Indiferent dacă sunteţi bărbat sau femeie, toate mitocondriile dumneavoastră provin din mitocondriile bunicii din partea mamei. Nici una de la tatăl dumneavoastră, nici una de la vreunul din bunici şi nici una de la bunica din partea tatălui dumneavoastră. Mitocondriile constituie o memorie independentă a trecutului, necontaminată de către ADN-ul principal nuclear care poate proveni, în egală măsură, de la oricare din cei patru bunici, de la oricare din cei opt străbunici şi aşa mai departe.

ADN-ul mitocondrial este necontaminat, dar nu este imun la mutaţii – erori întâmplătoare în copiere. Într-adevăr, suferă mutaţii cu o frecvenţă mai mare decât „propriul” nostru ADN, deoarece (cum este în cazul tuturor bacteriilor) nu posedă sofisticatul mecanism de corectare a citirii pe care celulele noastre l-au elaborat de-a lungul vremurilor.

Vor exista unele diferenţe între ADN-ul dumneavoastră mitocondrial şi al meu. Iar numărul diferenţelor va fi proporţional cu timpul scurs de când s-au despărţit strămoşii noştri. Nu *oricare* dintre strămoşii noştri, ci doar aceia pe linie maternă maternă maternă... Dacă se întâmpla ca mama dumneavoastră să fie o australiancă pură sau o chinezoaică pură sau o kung-san pură din Kalahari, vor fi destul de multe diferenţe între ADN-ul dumneavoastră mitocondrial şi al meu. În ce priveşte diferenţele existente între mitocondriile dumneavoastră nu contează cine este tatăl dumneavoastră: el poate fi un marchiz englez sau o căpetenie Sioux. Şi acest lucru este întotdeauna valabil pentru oricare dintre strămoşii dumneavoastră masculi.

Există, aşadar, o apocrifă mitocondrială distinctă înmânata în decursul generaţiilor împreună cu Biblia esenţială a familiei, dar având marea calitate de a fi transmisă doar pe linie femeiască. Acesta nu este un punct de vedere sexist; ar fi acelaşi lucru dacă s-ar transmite doar pe linie bărbătească. Calitatea constă în faptul că ea rămâne intactă, că nu este fărâmiţata şi amestecată în fiecare generaţie. O descendenţă constantă prin unul din cele două sexe, şi nu prin amândouă, este ceea ce ne trebuie nouă ca genealogi ADN. Cromozomul Y care, la fel ca numele de familie, se transmite doar pe linie bărbătească, poate fi teoretic la fel de bun, dar conţine prea puţine informaţii pentru a fi folositor. Apocrifa mitocondrială este ideală pentru a data strămoşii comuni în interiorul unei specii.

ADN-ul mitocondrial a fost studiat de un grup de cercetători asociaţi cu răposatul Allan Wilson din Berkeley, California. În anii 1980, Wilson şi colegii lui au luat eşantioane de ADN mitocondrial de la 135 femei în viaţă, provenind din toată lumea – aborigene australiene, locuitoare ale ţinuturilor înalte din Noua Guinee, native americane şi europene, chinezoaice şi reprezentante ale diferitelor populaţii din Africa. Au studiat numărul diferenţelor de litere care separă fiecare femeie de fiecare

altă femeie. Au introdus aceste numere în calculator şi i-au cerut acestuia să construiască cel mai economicos arbore genealogic posibil. „Economicos” înseamnă aici să elimini pe cât posibil nevoia de a accepta coincidenţa. Se impun câteva explicaţii.

Să revenim la discuţia anterioară despre cai, porci şi drojdii şi la analizele secvenţei de litere a citocromului *c.* Vă amintiţi de caii care diferă de porci prin doar trei litere, porcii care diferă de drojdii prin 45 de litere şi caii care diferă de drojdii prin 46 de litere. Am spus că, în teorie, dat fiindcă sunt legaţi unii de alţii printr-un strămoş comun relativ recent, caii şi porcii ar trebui să se afle la aceeaşi distanţă de drojdii. Diferenţa dintre 45 şi 46 este o anomalie, ceva care într-o lume ideală nu ar trebui să existe. Ea poate fi determinată de o mutaţie suplimentară pe ruta care duce la cai sau de o mutaţie inversă pe ruta care duce la porci.

Acum, oricât de absurdă este o astfel de idee în realitate, se poate imagina că porcii sunt într-adevăr mult mai apropiaţi de drojdii decât de cai. Teoretic, este posibil ca porcii şi caii să fi ajuns la o mare asemănare (textele lor pentru citocromul *c* se deosebesc doar prin 3 litere, şi corpurile lor sunt în esenţă construite după un acelaşi model de tip mamifer) printr-o uriaşă întâmplare. Motivul pentru care nu credem aceasta este că numărul asemănărilor între porci şi cai este mult mai mare decât numărul celor dintre porci şi drojdii. Indiscutabil, există o singură literă de ADN care-i apropie aparent pe porci mai mult de drojdii decât de cai, dar aceasta este copleşită de milioanele de asemănări din alte puncte de vedere. Argumentul este unul de natură economică. Dacă admitem că porcii sunt apropiaţi de cai, trebuie să acceptăm doar o singură asemănare întâmplătoare. Dacă admitem că porcii sunt înrudiţi cu drojdiile, trebuie să postulăm un enorm şi nerealist şir de asemănări întâmplătoare independent dobândite.

În cazul cailor, porcilor şi drojdiilor, argumentul economic este prea zdrobitor pentru a ne îndoi. Dar în ADN-ul

mitocondrial al diferitelor rase umane nu există nimic zdrobitor în privinţa asemănărilor. Argumentele economice se aplică şi aici, dar ele sunt argumente slabe, cantitative, nu sunt solide, zdrobitoare. Iată, teoretic, ce trebuie să facă un calculator. El trebuie să facă o listă a tuturor arborilor genealogici posibili, care stabilesc înrudirea celor 135 de femei. Apoi, calculatorul examinează această mulţime de arbori posibili şi îl alege pe cel mai economicos – adică, cel care reduce la minim numărul asemănărilor întâmplătoare. Trebuie să acceptăm că şi cel mai bun arbore ne va obliga probabil să admitem câteva mici coincidenţe, tot aşa cum am fost obligaţi să acceptăm că din cauza unei singure litere din ADN, drojdiile sunt mai înrudite cu porcii decât cu caii. Dar – cel puţin teoretic – calculatorul ar trebui să fie în stare să nu treacă uşor peste acest lucru şi să ne înştiinţeze care dintre mulţii arbori posibili este cel mai economicos, cel mai puţin încărcat de coincidenţe.

Aceasta se întâmpla în teorie. În practică, există un inconvenient. Numărul arborilor posibili este mai mare decât ne putem imagina tu, eu sau oricare matematician. Pentru cal, porc şi drojdie există doar trei arbori posibili. Cel, în mod evident, corect este *[[porc cal] drojdie],* cu porcul şi calul cuibăriţi împreună între parantezele interioare şi drojdia ca „grup exterior”, neînrudit. Ceilalţi doi arbori teoretici sunt *[[porc drojdie] cal]* şi *[[cal drojdie] porc].* Dacă am adăuga un al patrulea animal, să zicem, sepia, numărul arborilor posibili creşte la doisprezece. Nu-i vom înşira pe toţi doisprezece, dar cel adevărat (cel mai economicos) este *[[[porc cal] sepie] drojdie].* Din nou, porcul şi calul ca rude apropiate, sunt comod cuibărite împreună între parantezele interioare. Sepia este următoarea care se alătură clubului având un strămoş mult mai apropiat cu ramura porc/cal decât drojdia. Oricare dintre ceilalţi unsprezece arbori – de exemplu *[[porc sepie] [cal drojdie]]* – este categoric mai puţin economicos. Este foarte improbabil ca porcul şi calul să fi ajuns independent la numeroasele lor asemănări dacă porcul era într-adevăr o rudă mai apropiată sepiei, iar calul era într-adevăr o rudă

mai apropiată a drojdiei.

Dacă cu trei animale se obţin trei arbori posibili şi cu patru, doisprezece arbori posibili, cât de mulţi arbori ar putea fi construiţi pentru 135 de femei? Răspunsul este un număr ridicol de mare, şi nici nu are rost să-l scriu. Dacă cel mai mare şi cel mai rapid calculator din lume ar fi programat să execute listări ale tuturor arborilor posibili, sfârşitul lumii ar veni înainte ca acest calculator să termine de lucrat.

Cu toate acestea, problema nu este insolubilă. Ne-am obişnuit să prelucrăm, prin tehnici judicioase de prelevare a eşantioanelor, numere excesiv de mari. Nu putem număra insectele din bazinul Amazonului, dar putem estima numărul lor prelevând probe din parcele mici amplasate la întâmplare prin pădure şi presupunând că aceste parcele sunt reprezentative. Calculatorul nostru nu poate examină toţi arborii posibili care reunesc cele 135 de femei, dar poate să preleveze probe, la întâmplare, din mulţimea tuturor arborilor posibili. Dacă, ori de câte ori extragi o probă din giga-bilioanele arborilor posibili, programezi ca membrii cei mai economicoşi ai probei să posede anumite trăsături comune, poţi conchide că probabil cel mai economicos dintre toţi arborii are aceleaşi trăsături.

Asta este ceea ce oamenii au şi făcut. Dar nu este în mod necesar evident că aceasta este cea mai bună cale de urmat. Tot aşa cum entomologii ar putea să nu fie de acord asupra celei mai reprezentative modalităţi de prelevare a probelor din pădurea braziliană, aşa şi genealogiştii ADN au folosit diferite metode de prelevare. Şi, din nefericire, rezultatele nu concordă întotdeauna. Cu toate acestea, pentru valoarea lor, vă voi prezenta concluziile la care au ajuns membrii grupului Berkeley, în urma analizei originale a ADN-ului mitocondrial uman. Concluziile lor au fost extrem de interesante şi provocatoare. Conform acestora, cel mai economicos arbore se dovedeşte a fi solid înrădăcinat în Africa. Ceea ce înseamnă că unii africani sunt rude mult mai îndepărtate cu alţi africani decât cu oricine altcineva din tot restul lumii. Întreg restul lumii – europenii,

nativii americani, aborigenii australieni, chinezii, cei din Noua Guinee, inuiţii şi toţi ceilalţi – formează un grup de veri relativ apropiaţi. Unii africani aparţin acestui grup. Alţii nu aparţin. Conform acestei analize, cel mai economicos arbore arată astfel: [unii africani [alţi africani [încă alţi africani [încă alţi africani şi oricine altcineva]]]]. Prin urmare, ei au ajuns la concluzia că marea noastră străbună a trăit în Africa: „Eva africană”. După cum am mai spus, această concluzie este controversată. Alţii pretind că există arbori la fel de economicoşi ale căror ramuri extreme se află în afara Africii. Ei pretind de asemenea că grupul din Berkeley a obţinut rezultate, în parte, distincte şi din cauza succesiunii în care calculatorul lor a cercetat arborii posibili. Evident, succesiunea nu ar trebui să aibă importanţă. Probabil că cei mai mulţi experţi ar paria încă pe faptul că Eva mitocondrială a fost africană, dar fără prea multă convingere.

A doua concluzie a grupului din Berkeley este mai puţin controversată. Nu are importanţă locul unde a trăit Eva mitocondrială, ei pot să estimeze când. Se ştie cât de rapid evoluează ADN-ul mitocondrial; prin urmare, poţi pune o dată aproximativă la nivelul fiecărui punct de ramificare de pe arborele diversificării ADN-ului mitocondrial. Şi punctul ramurii care uneşte toate femeile – data de naştere a Evei mitocondriale – se află cu 150 000 de ani până la 250 000 de ani în urmă.

Indiferent dacă Eva mitocondrială a fost sau nu africană, este important să evităm o confuzie posibilă cu un alt punct de vedere conform căruia este un adevăr de netăgăduit că strămoşii noştri provin din Africa. Eva mitocondrială este un strămoş recent al tuturor oamenilor moderni. Ea era un membru al speciei *Homo sapiens.* Fosilele unui mult mai timpuriu hominid, *Homo erectus,* au fost descoperite atât în afară, cât şi în interiorul Africii. Fosilele strămoşilor chiar mai îndepărtaţi decât *Homo erectus,* ca de exemplu *Homo habilis* şi specii diferite de *Australopithecus* (incluzând una nou descoperită, cu o vechime de peste patru milioane de ani) au fost găsite doar în Africa. Aşadar, dacă suntem

descendenţii unei diaspore africane din ultimul sfert de milion de ani, aceasta este a doua diasporă africană. A existat un exod mai timpuriu, probabil acum un milion şi jumătate de ani în urmă, când *Homo erectus* a părăsit Africa pentru a coloniza unele părţi ale estului central şi Asia. Teoria Evei africane nu pretinde că acei asiatici mici timpurii nu au existat, ci că ei nu au lăsat descendenţi viabili. Oricum am privi această problemă, noi suntem cu toţii, dacă ne întoarcem în urmă cu două milioane de ani, africani. Teoria Evei africane mai susţine în plus că noi, toţi descendenţii supravieţuitori, am fi toţi africani dacă ne întoarcem doar cu câteva sute de mii de ani în urmă. Dacă noi dovezi ar sprijini această teorie, ar fi posibil să se găsească urmele ADN-ului mitocondrial modern la o străbună din afara Africii (să zicem Eva asiatică) acceptând totodată că strămoşii noştri mai îndepărtaţi se pot găsi doar în Africa.

Să presupunem, deocamdată, că grupul din Berkeley are dreptate şi să examinăm ce semnifică şi ce nu concluziile lor. Porecla de „Eva” a avut consecinţe nefericite. Unii entuziaşti s-au ambalat în ideea că ea trebuie să fi fost o femeie solitară, singura de pe pământ, ultimul pasaj genetic îngust, chiar o justificare a genezei. Această idee este complet greşită. Adevărul este că ea nu era singura femeie de pe pământ şi nici populaţia nu era relativ mică la vremea ei. Camarazii ei de ambele sexe erau poate atât numeroşi cât şi fecunzi. Astăzi, ei pot avea încă numeroşi descendenţi în viaţă. Dar toţi descendenţii mitocondriilor lor au dispărut deoarece legătura lor cu noi a trecut, la un moment dat, într-un bărbat. În acelaşi mod un nume aristocratic (numele de familie sunt legate de cromozomii Y şi se transmit numai pe linie masculină, exact ca imaginea în oglindă a mitocondriilor) poate dispărea, dar asta nu înseamnă că posesorii lui nu au descendenţi. Ei pot avea numeroşi descendenţi pe alte căi decât calea exclusiv masculină. Afirmaţia corectă este că doar Eva mitocondrială este cea mai recentă femeie de la care se poate spune că au descins toţi oamenii moderni pe linie

exclusiv femeiască. *Trebuie* să existe *o* femeie despre care să se poată spune acest lucru. Singurele argumente discutabile sunt când şi unde a trăit. Faptul că ea a trăit într-un anumit loc şi într-o anumită perioadă este sigur.

Aici se face o a doua confuzie – una mai răspândită chiar printre oameni de ştiinţă remarcabili, specialişti în domeniul ADN-ului mitocondrial, care consideră că Eva mitocondrială este strămoşul nostru comun cel mai recent. Această convingere se bazează pe o confuzie între „cel mai recent strămoş comun" şi „cel mai recent strămoş comun în linie exclusiv femeiască". Eva mitocondrială este cel mai recent strămoş comun pe linie exclusiv femeiască, dar există multe alte căi de descendenţă, altele decât pe linie feminină. Milioane de alte căi. Să ne întoarcem la calculele numărului de strămoşi (eliminând complicaţia căsătoriei între rude care a fost anterior argumentul principal). Dumneavoastră aveţi opt străbunici, dar numai unul dintre ei este în linie exclusiv femeiască. Dumneavoastră aveţi şaisprezece stră-străbunici, dar numai *unul dintre ei* este pe linie exclusiv femeiască. Chiar admiţând că mariajul dintre rude reduce numărul strămoşilor într-o generaţie dată, rămâne valabil că există mult, mult, mult mai multe căi de a fi un strămoş decât de a fi unul pe linie exclusiv femeiască. Mergând înapoi pe cursul râului nostru genetic, dincolo de antichitatea îndepărtată au existat probabil o mulţime de Eve şi o mulţime de Adami – indivizi centrali, din care se poate spune că descindem noi toţi oamenii anului 1995. Eva mitocondrială este numai una dintre aceştia. Nu există nici un motiv deosebit să credem că, dintre toate aceste Eve şi toţi aceşti Adami, Eva mitocondrială este cea mai recentă. Dimpotrivă. Ea este definită în mod *particular:* noi descindem din ea printr-o cale particulară, prin râul descendenţei. Numărul căilor posibile care există pe lângă drumul exclusiv femeiesc este aşa de mare încât este matematic foarte improbabil că Eva mitocondrială să fie cea mai recentă dintre aceste multe Eve şi aceşti mulţi Adami. Se deosebeşte de celelalte căi într-un singur fel (fiind pe linie exclusiv femeiască). Ar fi o

coincidenţă remarcabilă dacă s-ar deosebi faţă de celelalte căi într-un alt fel (fiind cea mai recentă).

Conform unui alt punct de vedere, de interes discutabil, strămoşul nostru comun cel mai recent este foarte probabil să fi fost un Adam şi nu o Evă. Haremurile de femei sunt mult mai frecvente decât cele de bărbaţi, chiar şi numai pentru faptul că bărbaţii sunt apţi fizic să aibă sute, chiar mii de copii. „Guiness Book of Records" stabileşte recordul la peste o mie de copii, realizat de Moulay Ishmael, cel însetat de sânge. (Întâmplător Moulay Ishmael ar putea fi ales de feministe ca simbol general al dezagreabilului macho. Se povesteşte că metoda lui de a încăleca pe cal era de a scoate sabia în clipa când sărea în şa, realizând o eliberare rapidă în timp ce decapita sclavul care ţinea frâul. Oricât ar părea de incredibil, faptul că legenda a ajuns până la noi, împreună cu reputaţia lui de a fi omorât zece mii de oameni cu propria-i mina, oferă o imagine a tipurilor de calităţi admirate la bărbaţii de acest gen.) Femeile, chiar în condiţii ideale de viaţă, nu pot avea mai mult de câteva zeci de copii. Este mai probabil ca o femeie să aibă un număr mediu de copii decât un bărbat. S-ar putea ca unii bărbaţi să aibă o parte uimitor de mare din copii, ceea ce înseamnă că ceilalţi bărbaţi nu mai au nici unul. Probabilitatea de a nu se reproduce deloc este mult mai mare la bărbaţi decât la femei. Iar dacă cineva lasă un număr uriaş de urmaşi, de asemenea, este mai probabil să fie bărbat. Acest lucru este valabil pentru cel mai recent strămoş comun al întregii umanităţi care, prin urmare, este mult mai probabil să fi fost un Adam decât o Evă. Pentru a lua un exemplu extrem, cine este mai probabil să fie strămoşul tuturor marocanilor din ziua de azi, Moulay Ishmael cel însetat de sânge sau *una* din nefericitele femei din haremul lui?

Putem trage următoarele concluzii: prima, este în mod necesar sigur că a existat o femeie, pe care o putem numi Eva mitocondrială, care este cel mai recent strămoş comun al tuturor oamenilor moderni pe cale exclusiv femeiască. Este, de asemenea, sigur că a existat o persoană de sex

necunoscut pe care o putem numi Strămoşul Central, care este cel mai recent strămoş comun al tuturor oamenilor moderni, pe oricare cale. A treia, cu toate că este posibil că Eva mitocondrială să fie una şi aceeaşi persoană cu Strămoşul Central, este puţin probabil ca lucrurile să stea aşa. A patra, pare să fie tot mai probabil că Strămoşul Central să fi fost bărbat şi nu femeie. A cincia, Eva mitocondrială a trăit foarte probabil cu mai puţin de un sfert de milion de ani în urmă. A şasea, există un dezacord cu privire la locul unde a trăit Eva mitocondrială, dar balanţa părerilor avizate înclină spre Africa. Doar concluziile a cincia şi a şasea se bazează pe analiza dovezilor ştiinţifice. Primele patru pot fi toate elaborate prin raţionamente teoretice pornind de la cunoştinţe la îndemâna oricui.

Dar, cum am spus, strămoşii deţin cheia înţelegerii vieţii înseşi. Povestea Evei africane reprezintă un microcosmos uman restrâns al unei epopei incomparabil mai străveche şi mai măreaţă. Vom recurge din nou la metafora râului de gene, râul nostru pornit din Eden. Dar îl vom urmări înapoi pe o scară a timpului incomensurabil mai veche decât miile de ani ai legendarei Eve sau sutele de mii de ani ale Evei africane. Râul de ADN a curs prin strămoşii noştri într-un şir neîntrerupt care a străbătut nu mai puţin de trei miliarde de ani.

CAPITOLUL **3**

Fă binele pe ascuns

Doctrina creaţionismului a avut, are şi probabil va mai avea în continuare mulţi adepţi, iar motivul nu este greu de găsit. Aceste lucruri se datorează, cel puţin pentru marea majoritate a oamenilor pe care i-am cunoscut eu, unei credinţe în adevărul literal al Facerii sau al vreunei alte poveşti tribale asupra originii. Acest lucru se datorează mai degrabă faptului că oamenii descoperă ei înşişi frumuseţea şi complexitatea lumii vii şi trag concluzia că „în mod evident" aceasta trebuie să fi fost proiectată. Acei adepţi ai creaţionismului, care cel puţin recunosc că evoluţia darwinistă oferă cel puţin un fel de alternativă teoriilor lor religioase, recurg adesea la o obiecţie ceva mai sofisticată. Ei neagă posibilitatea unor forme evolutive intermediare. „X *trebuie* să fi fost conceput de un creator", spun oamenii, „pentru că o jumătate din X nu ar funcţiona. Toate părţile lui X trebuie să fi fost asamblate laolaltă simultan; ele nu s-ar fi putut dezvolta treptat". De exemplu, în ziua când am început să scriu acest capitol întâmplarea a făcut să primesc o scrisoare. Era din partea unui predicator american care fusese ateu, dar se convertise după ce citise un articol din *National Geographic.* Iată un fragment din scrisoare:

> Articolul se referea la adaptările uimitoare realizate de orhidee la mediul lor de viaţă în scopul unei înmulţiri eficiente. Pe măsură ce citeam, eram tot mai intrigat de strategia

reproductivă a unei specii care implica cooperarea cu masculul unei viespi. Desigur că floarea semăna uimitor cu femela acelei specii de viespe având chiar o deschidere adecvat amplasată astfel încât masculul să poată ajunge prin împerechere cu floarea la polenul acesteia. Zburând la o altă orhidee, procesul s-ar repeta, şi astfel ar avea loc polenizarea încrucişată. Iar ceea ce făcea că floarea să fie atât de atrăgătoare pentru viespe de la început era faptul că ea emitea feromoni (atractanţi chimici specifici, utilizaţi de insecte pentru a face ca sexele să se întâlnească) identici cu cei ai femelei acelei specii de viespe. Am studiat cu oarecare interes, aproape un minut, fotografia care însoţea textul. Pe urmă, mi-am dat seama, profund şocat, că pentru ca strategia reproductivă să fi fost funcţională ea trebuia să fie perfectă de prima dată. Nici un fel de paşi ulteriori nu o puteau explica dacă orhideea nu ar fi arătat şi nu ar fi mirosit ca viespea femelă, şi dacă n-ar fi avut o deschidere pentru împerechere cu polenul exact la distanţa la care să poată fi atins de organul reproducător, toată strategia ar fi fost un eşec.

Nu voi uita niciodată emoţia care m-a copleşit, pentru că mi-a devenit limpede în acea clipă că trebuie să existe într-un anumit mod un anumit fel de Dumnezeu care să aibă o legătură continuă cu procesele prin care lucrurile capătă viaţă. Că, pe scurt, Dumnezeul creator nu a fost un mit antediluvian, ci ceva real. Şi, mai degrabă fără tragere de inimă, mi-am dat deodată seama că trebuie să caut să aflu şi mai mult despre acel Dumnezeu.

Alţii, nu încape nici o îndoială, ajung la religie pe căi diferite, dar cu siguranţă mulţi oameni au avut o experienţă asemănătoare cu cea care i-a schimbat viaţa acestui predicator (a cărui identitate nu o voi dezvălui, conform uzanţelor bunelor maniere). Ei au văzut sau au citit despre vreo minune a naturii. În general, asta i-a umplut de o teamă evlavioasă şi de uimire care s-au transformat în veneraţie. Mai precis, asemenea corespondentului meu, ei au hotărât că acest fenomen natural deosebit – o plasă a unui păianjen, sau un ochi, sau o aripă a unui vultur, sau orice altceva – nu s-ar fi putut dezvolta treptat, în etape, deoarece formele intermediare, stadiile pe jumătate

formate, n-ar fi fost bune la nimic. Scopul acestui capitol este demontarea argumentului conform căruia nişte mecanisme complicate trebuie să fie perfecte ca să fie funcţionale. Întâmplător orhideele erau printre exemplele favorite ale lui Charles Darwin, care a dedicat o carte întreagă demonstrării felului în care principiul evoluţiei treptate prin selecţie naturală întâlneşte în mod fericit dificila încercare de a explica „diferitele mecanisme prin care orhideele sunt fertilizate de insecte”.

Cheia argumentului susţinut de predicator rezidă în afirmaţia că „pentru că acea strategie reproductivă să fie funcţională, ea trebuie să fi fost perfectă de prima dată. Nici un fel de paşi ulteriori nu o puteau explica”. Acelaşi argument ar putea fi invocat – şi frecvent a fost – în legătură cu evoluţia ochiului, şi mă voi întoarce la el în cursul acestui capitol.

Ceea ce mă impresionează întotdeauna când aud un astfel de argument este siguranţa cu care e susţinut. Cum puteţi fi atât de *sigur,* l-aş întreba eu pe predicator, că orhideea ce imită viespea, sau ochiul, sau orice altceva nu ar fi putut funcţiona decât dacă fiecare părticică din ea ar fi fost perfectă? Cunoaşteţi într-adevăr esenţialul despre orhidee sau viespi sau despre ochii cu care viespile se uită după femele şi orhidee? Ce vă face să afirmaţi că viespile sunt atât de greu de păcălit încât asemănarea orhideii trebuie să fie absolut perfectă ca totul să funcţioneze?

Amintiţi-vă când aţi fost ultima oară păcălit de vreo asemănare întâmplătoare. Poate că v-aţi scos pălăria în faţa unui necunoscut, pe stradă, luându-l drept o cunoştinţă. Vedetele de film fac apel la cascadori care se aruncă de pe stânci sau cad de pe cal în locul lor. Asemănarea acestora cu vedeta este de obicei foarte superficială, dar în viteza acţiunii este suficientă pentru a înşela publicul. Poftele bărbaţilor pot fi trezite de o singură fotografie dintr-o revistă. Aceasta nu este altceva decât cerneală tipografică pe hârtie. În două dimensiuni, nu în trei. Imaginea nu are decât câţiva centimetri în înălţime. Poate fi o simplă schiţă din două-trei linii mai degrabă decât

o reprezentare naturală. Cu toate acestea, încă poate produce erecţia. Poate vederea de o clipă a unei femele este tot ceea ce poate aştepta să capete masculul viespe aflat într-un zbor rapid, înainte de a încerca să se împerecheze cu ea. Poate că viespile masculi remarcă numai câţiva stimuli de bază.

Există toate motivele să credem că viespile ar putea fi chiar mai uşor păcălite decât oamenii. Ghidrinii cu siguranţă sunt, şi peştele are creierul mai mare şi ochii mai buni decât viespile. Masculii ghidrinilor au abdomenul roşu şi ei vor ameninţa nu numai masculii propriei specii, dar şi imitaţii grosolane cu „burtă" roşie, indivizi din alte specii. Vechiul meu maestru, Niko Tinbergen, laureat al Premiului Nobel pentru etologie, spunea o poveste celebră despre o dubă poştală roşie care trecea prin faţa ferestrei laboratorului, iar toţi masculii ghidrinilor se precipitau în partea dinspre geam a acvariului agitându-se ameninţător. Femelele mature ale ghidrinilor, cu icre, au nişte pântece vizibil umflate. Tinbergen a constatat că o imitaţie argintie, necizelată, vag alungită, care pentru ochii noştri nu seamănă cu un ghidrin, dar avea un „pântece" bine rotunjit, stârnea la masculi întregul comportament sexual. Experimente mai recente iniţiate de şcoala de cercetare fondată de Tinbergen au arătat că aşa-numita bombă sexuală – un obiect în formă de pară întruchipând o formă durdulie rotunjită care, cu orice efort de imaginaţie, nu poate fi asemuită unui peşte – a fost şi mai eficientă în trezirea dorinţelor masculului de ghidrin. „Bomba sexuală" ghidrin este un exemplu clasic de stimul supranormal – un stimul chiar mai eficient decât unul normal. Ca un alt exemplu, Tinbergen a publicat o fotografie a scoicarului care încerca să clocească un ou de mărimea oului de struţ. Păsările au un creier mai mare şi o vedere mai bună decât peştii – şi *a fortiori* decât viespile – totuşi scoicarul aparent „crede" că un ou de mărimea celui de struţ este un excelent obiect pentru clocit.

Pescăruşii, gâştele şi alte pasări ce cuibăresc pe pământ au un răspuns stereotip la căderea vreunui ou din cuib. Ele

se întind până la el şi-l dau de-a dura înapoi cu partea ventrală a ciocului. Tinbergen şi colaboratorii săi au demonstrat că pescăruşii vor proceda aşa nu numai cu propriile ouă, ci şi cu ouăle de găină şi chiar cu cilindrii de lemn sau cu cutiile de cacao abandonate de turiştii care au stat în corturi pe plajă. Puii de pescăruş ce se hrănesc cu heringi îşi obţin hrana cerşind-o de la părinţii lor; ei lovesc pata roşie de pe ciocul părintelui, zorindu-l să regurgiteze câţiva peşti din guşa umflată. Împreună cu un colaborator, Tinbergen a demonstrat că o imitaţie grosolană din carton a capului părintelui este foarte eficientă în provocarea comportamentului de cerşetor al puilor. Este nevoie doar de o pată roşie. Cât priveşte puiul de pescăruş, părintele său este o pată roşie. Poate că, la fel de bine, el vede şi restul, dar asta pare să nu fie important.

Această viziune aparent limitată nu este întâlnita numai la puii pescăruşilor. Adulţii pescăruşilor cu cap negru sunt vizibili datorită măştilor lor faciale de culoare închisă. Robert Mash, un cercetător din echipa lui Tinbergen, a studiat importanţa acesteia pentru ceilalţi adulţi, pictând imitaţii din lemn ale capetelor de pescăruş. Fiecare imitaţie era fixată la capătul unui baston de lemn ataşat la un motor electric aflat într-o cutie, astfel încât, prin intermediul telecomandei, Mash putea ridica sau coborî capul şi putea să-l întoarcă la stânga sau la dreapta. El îngropa cutia în nisip, lângă un cuib de pescăruşi, în aşa fel încât numai capetele să se vadă. Apoi, zi de zi, stătea ascuns lângă cuib observând reacţia păsărilor la mişcările imitaţiei de cap. Păsările au răspuns că şi cum invenţia lui Mash ar fi fost un pescăruş veritabil, deşi aceasta nu era deloc o caricatură la capătul unei tije de lemn, fără corp, fără picioare, aripi sau coadă, silenţios şi nemişcat, exceptând ridicările, coborârile şi rotaţiile robotice foarte nefireşti. Pentru un pescăruş cu capul negru, se pare, un vecin ameninţător este puţin mai mult decât o faţă neagră lipsită de corp. Pare să nu fie necesar corpul sau aripile sau orice altceva.

Pentru ca să se ascundă şi să observe păsările, Mash, ca şi alte generaţii de ornitologi dinainte şi de după el, a

exploatat o incapacitate a sistemului lor nervos cunoscută de mult: păsările nu sunt din fire buni matematicieni. Doi dintre dumneavoastră intră în ascunzătoare, dar numai unul iese. Fără acest truc păsările s-ar teme de ascunzătoare „ştiind” că cineva a intrat acolo. Dar dacă au văzut pe cineva ieşind, ele „presupun” că au ieşit ambele persoane. Dacă o pasăre nu poate să facă diferenţa între două persoane sau o persoană, este oare atât de surprinzător că un mascul de viespe ar putea fi păcălit de o orhidee care nu seamănă perfect cir o femelă?

Încă o poveste cu păsări pe această temă, dar de data aceasta o tragedie. Curcile sunt nişte apărătoare îndârjite ale puilor lor. Ele trebuie să-i apere de prădătorii de cuiburi ca nevăstuicile sau şobolanii necrofagi. Metoda empirică pe care o curcă o foloseşte pentru a recunoaşte jefuitorii de cuiburi este una uimitor de dură: atacă tot ce mişcă în preajma cuibului *dacă* nu scoate sunete asemănătoare cu piuitul puişorilor. Autorul acestei descoperiri a fost zoologul austriac Wolfgang Schleidt. El a avut cândva o curcă care şi-a omorât cu sălbăticie toţi puii. Motivul era jalnic de simplu: curca era surdă. Din punctul de vedere al sistemului nervos al curcii, prădătorii sunt acele obiecte mişcătoare care nu emit un ţipăt de pui. Aceşti pui de curcă, deşi arătau că pui de curcă, se mişcau că pui de curcă alergând plini de încredere către mama lor, au căzut victimă definiţiei restrictive de „prădător” a mamei. Ea şi-a protejat puii împotriva lor înşişi şi i-a masacrat pe toţi.

Ca o replică, în lumea insectelor, a poveştii tragice a curcii, anumite celule senzoriale de pe antenele albinelor sunt sensibile la o singură substanţă, acidul oleic. (Albinele posedă şi alte celule sensibile la alte substanţe chimice.) Acidul oleic emană din cadavrele albinelor şi declanşează „comportamentul de antreprenor de pompe funebre” al albinei, îndepărtarea morţilor din stup. Dacă un experimentator picură un strop de acid oleic pe o albină vie, amărâta creatură este târâta afară zbătându-se, deci cât se poate de vie, şi aruncată împreună cu morţii.

Creierul insectelor este mult mai mic decât al curcilor sau

al oamenilor. Ochii insectelor, chiar ochii mari compuşi ai libelulelor, posedă o parte din acuitatea ochilor noştri sau a ochilor păsărilor. În afară de aceasta, se ştie că ochii insectelor văd lumea complet diferit decât o văd ochii noştri. Marele zoolog austriac Karl von Frisch a descoperit de tânăr că ele nu văd lumina roşie, dar pot vedea – şi văd la fel de bine nuanţele distincte – lumina ultravioletă, pe care noi nu o percepem. Ochii insectelor sunt mult mai preocupaţi de ceva numit „licărire" care pare – cel puţin pentru o insectă foarte rapidă – să înlocuiască parţial ceea ce noi am numi „formă". Fluturii masculi au fost văzuţi „curtând" frunzele moarte care cad fâlfâind din copaci. Noi vedem o femelă de fluture ca pe o pereche de aripi mari care fâlfâie. Un mascul de fluture în zbor o vede şi o curtează ca pe o concentrare de „licăriri". Îl putem înşela cu o lampă stroboscopică, ce nu se mişcă, ci doar licăreşte. Dacă găsiţi ritmul potrivit de licărire, fluturele mascul o va trata ca pe un alt fluture bătând din aripi în acelaşi ritm. Pentru noi, dungile sunt nişte modele statice. Pentru o insectă în zbor, dungile apar ca nişte „licăriri" şi pot fi imitate cu o lampă stroboscopică ce pâlpâie în acelaşi ritm. Lumea aşa cum se vede printr-un ochi de insectă este atât de străină pentru noi, încât a face consideraţii bazate pe propria noastră experienţă când discutăm despre cât de „perfect" trebuie să mimeze o orhidee corpul unei femele de viespe este o îndrăzneală.

Viespile însele au făcut obiectul unor experimente clasice, iniţiate de marele naturalist francez Jean-Henri Fabre şi reluate de mulţi alţi cercetători, printre care şi cei aparţinând şcolii de etologie a lui Tinbergen. Femela viespii săpătoare se întoarce în adăpost cărând prada înţepată şi paralizată. O lasă la intrarea adăpostului în timp ce intră să verifice, se pare, dacă totul este în ordine, apoi reapare pentru a târî prada înăuntru. În timp ce se află în adăpost, experimentatorul deplasează prada câţiva centimetri. Când viespea iese din nou la suprafaţă, sesizează lipsa şi localizează rapid prada. Apoi o trage înapoi la intrarea adăpostului. Au trecut doar câteva secunde de când şi-a

inspectat ascunzătoarea. Considerăm că nu există nici un motiv care s-o determine să treacă la etapa următoare din programul ei obişnuit, târârea prăzii înăuntru. Dar programul ei a fost restabilit la etapa iniţială. Conştiincioasă, îşi lasă din nou prada afară şi intră în adăpost pentru altă inspecţie. Cercetătorul a repetat această şaradă de patruzeci de ori, până s-a plictisit. Viespea s-a comportat ca o maşină de spălat care a fost reprogramată pentru o poziţie de început a programului şi care nu „ştie" că deja a mai spălat acele haine de patruzeci de ori fără pauză. Distinsul specialist în informatică Douglas Hofstadter a adoptat un adjectiv nou, „sphexish" pentru a eticheta un astfel de automatism inflexibil, prostesc *(Sphex* este numele ştiinţific al unui gen reprezentativ de viespi săpătoare). Deci, cel puţin în unele privinţe, viespile sunt uşor de păcălit. Este un fel de păcăleală foarte diferit de cel elaborat de orhidee. Cu toate acestea, să ne ferim să conchidem conform intuiţiei noastre că „pentru că acea strategie reproductivă să fi funcţionat, trebuia să fi fost perfectă primă dată".

Poate că m-am străduit prea mult să vă conving că viespile sunt probabil uşor de păcălit. Puteţi nutri o bănuială aproape opusă celei a corespondentului meu convertit. Dacă vederea insectelor este atât de slabă şi dacă viespile sunt atât de uşor de păcălit, de ce s-ar mai strădui orhideea să facă o floare atât de asemănătoare unei viespi? Ei bine, vederea viespii nu este totdeauna atât de slabă. Sunt situaţii în care se pare că viespile văd foarte bine: când, de exemplu, îşi reperează adăpostul după un zbor de vânătoare îndelungat. Tinbergen a cercetat aceste aspecte folosind viespea săpătoare vânător de albine, *Philantus.* El aştepta până ce o viespe cobora în adăpost. Înainte ca ea să iasă din nou, Tinbergen plasa câteva „puncte de reper" în mare grabă în jurul intrării în adăpost – să zicem, o rămurică sau un con de brad. Apoi se retrăgea şi aştepta ca viespea să zboare afară. După ce ieşea, ea zbura de două-trei ori în jurul cuibului, ca şi cum „realiza o fotografie mentală" a zonei, apoi se îndepărta în grabă în căutarea

hranei. În timp ce era plecată, Tinbergen deplasa rămurică şi conul la câteva zeci de centimetri distanţă. Când se întorcea, viespea rata cuibul, plonjând în nisip la locul potrivit, în raport cu noile poziţii ale ramurii şi conului. Într-un anumit fel, viespea a fost din nou „păcălită”, dar de data aceasta ea merită tot respectul nostru pentru vederea sa. Se pare totuşi că „luarea unei fotografii mentale” a fost într-adevăr ceea ce a făcut în zborul său preliminar în cerc. Se pare că ea a recunoscut modelul, sau „gestalt”, al amplasării rămuricii şi conului. Tinbergen a repetat experienţa de multe ori, cu rezultate semnificative, folosind diferite tipuri de repere ca, de exemplu, inele din conuri de brad.

Iată acum un experiment realizat de Gerard Baerends, un discipol al lui Tinbergen, care contrastează într-un mod impresionant cu experimentul „maşină de spălat” al lui Fabre. Specia de viespe săpătoare a lui Baerends, *Ammophila campestris* (o specie de asemenea studiată şi de Fabre) este neobişnuită prin faptul că este un „distribuitor de hrană progresiv”. Cele mai multe viespi îşi aprovizionează cuibul şi depun un ou, apoi îl izolează, lăsând tânăra larvă să se hrănească singură. *Ammophila* face excepţie. Asemenea unei păsări, ea se întoarce zilnic la cuib pentru a verifica cantitatea de hrană de care dispune larvă şi îi dă atâta hrană cât îi este necesară. Nimic deosebit de semnalat până aici. Dar o singură femelă de *Ammophila* va avea două sau trei cuiburi funcţionale deodată. Un cuib va avea o larvă relativ mare, aproape dezvoltată; altul una mică, de-abia ieşită din ou; şi altul probabil o larvă aflată într-un stadiu intermediar ca mărime şi ca vârsta. E firesc ca aceste trei larve să aibă cerinţe nutriţionale diferite, şi mama le distribuie în mod corespunzător. Printr-o serie de experienţe laborioase, implicând schimbarea conţinutului cuiburilor, Baerends a reuşit să demonstreze că într-adevăr viespea mamă ţine seama de cerinţele de hrana diferite ale fiecărui cuib în parte. Pare o dovadă de inteligenţă, dar Baerends a constatat într-un mod ciudat că nu e vorba de inteligenţă.

În fiecare dimineaţă, primul lucru pe care-l face viespea mamă este un tur de inspecţie al tuturor cuiburilor sale active. Mama evaluează situaţia fiecărui cuib în timpul inspecţiei matinale, iar aceasta influenţează comportamentul legat de aprovizionarea cu hrană pentru tot restul zilei. Baerends putea schimba conţinutul cuiburilor de câte ori dorea, după momentul inspecţiei matinale, şi aceasta nu schimba comportamentul legat de aprovizionare al viespei mamă. Era ca şi cum ea declanşa aparatul de evaluare a cuibului doar pe perioada inspecţiei matinale, iar apoi îl blocă pentru tot restul zilei pentru a economisi energia electrică.

Pe de o parte, această poveste sugerează existenţa unui echipament sofisticat de numărare, măsurare şi chiar calcul în capul viespei mamă. Acum pare uşor de crezut că, într-adevăr, creierul viespei era păcălit numai de o asemănare perfectă între orhidee şi femelă. Dar în acelaşi timp, povestea lui Baerends sugerează o capacitate de a vedea selectiv şi o abilitate de a fi înşelat care echivalează cu experimentul cu maşina de spălat, făcându-ne să credem că ar putea fi suficientă o asemănare grosieră între orhidee şi femelă de viespe. Concluzia generală ce ar trebui trasă de aici arată că nu trebuie să folosim judecăţile omeneşti pentru evaluarea unor astfel de situaţii. Nu spuneţi niciodată şi nu luaţi niciodată în serios pe cineva care spune „nu pot să cred că specia cutare ar fi putut evolua prin selecţie treptată”. Am botezat acest fel de greşeală „derivat din incredulitatea personală”. Încă o dată acesta s-a dovedit preludiul unei alunecoase experienţe intelectuale.

Argumentul pe care-l combat eu este cel care susţine că evoluţia treptată a cutăruia nu ar fi putut avea loc deoarece cutare „evident” trebuia să fie perfect şi complet pentru a funcţiona. Până acum, în răspunsul meu, am insistat asupra faptului că viespile şi alte animale au o cu totul altă vedere asupra lumii faţă de a noastră şi că, în orice caz, nici noi nu suntem greu de păcălit. Dar există alte argumente pe care eu vreau să le dezvolt şi care sunt chiar mai convingătoare şi mai generale. Să folosim cuvântul „fragil” pentru un

mecanism care trebuie să fie perfect pentru a funcţiona – aşa cum a pretins corespondentul meu despre orhideele care imită viespi. Şi găsesc că este semnificativ faptul că în realitate este aproape imposibil să te gândeşti fără echivoc la un mecanism fragil. Un avion nu este fragil pentru că, deşi am prefera cu toţii să ne încredinţăm vieţile noastre unui Boeing 747 întreg, cu toate milioanele lui de părţi componente în perfectă stare de funcţionare, un avion care a pierdut chiar unele piese principale, ca unul sau două din motoarele lui, poate totuşi să zboare. Un microscop nu este fragil, pentru că, deşi unul inferior are o imagine estompată şi prost iluminată, putem totuşi vedea obiecte mici mai bine decât le-am vedea fără nici un microscop. Un radio nu este fragil; dacă este deficient în unele privinţe, poate să-şi piardă fidelitatea şi să se audă distorsionat sau încet, dar încă putem desluşi sensul cuvintelor. Ara privit afară pe fereastră zece minute încercând să mă gândesc la un singur exemplu într-adevăr bun de mecanism fragil făcut de om şi am găsit numai unul: arcada. O arcadă are o anumită cvasifragilitate în sensul că, de îndată ce laturile sale s-au alăturat, ea a căpătat o mare stabilitate şi forţă. Dar înainte ca cele două lături să se fi alăturat, nici una dintre ele nu ar fi stat în picioare. O arcadă trebuie să fie construită cu ajutorul unui anumit fel de eşafodaj. Acesta îi conferă o stabilitate temporală până când arcada este completă; apoi el poate fi îndepărtat şi arcada rămâne stabilă foarte mult timp.

În tehnologia umană nu există nici un motiv pentru ca un mecanism să nu fie, în principiu, fragil. Inginerii sunt liberi să proiecteze pe planşetele lor de desen mecanisme care, pe jumătate complete, n-ar funcţiona deloc. Totuşi, tocmai în domeniul ingineriei este greu să găseşti un mecanism fragil cu adevărat. Şi eu cred că acest lucru este şi mai adevărat în cazul mecanismelor vii. Să privim la câteva dintre aşa-zisele mecanisme fragile din lumea vie, de care propaganda creaţionistă s-a folosit din plin. Exemplul viespei şi orhideei este numai un exemplu al fascinantului fenomen de mimetism. Numeroase animale şi unele plante

au un avantaj de pe urma asemănării lor cu alte obiecte, adesea cu alte animale sau plante. Aproape fiecare aspect al vieţii a fost undeva amplificat sau subminat de mimetism: capturarea hranei (tigrii şi leoparzii sunt aproape invizibili când îşi urmăresc victima într-un loc împădurit, stropit de petele luminoase ale soarelui; peştele undiţar se aseamănă cu fundul mării pe care stă şi ademeneşte prada cu „o undiţă” în capătul căreia este o momeală ce imită un vierme; licuricii *femmes fatales* imită dansul nupţial al altor specii ademenind astfel masculii pe care apoi îi mănâncă; *Blennius* (o specie de peşte mucilaginos cu dinţii în formă de sabie) imită alte specii de peşti specializaţi în curăţarea peştilor mari, şi apoi înhaţă bucăţi din aripioarele clienţilor, imediat ce li s-a acordat accesul privilegiat; evitarea prădătorilor (animalele pradă prezintă diferite asemănări cu coaja copacilor, rămurele, frunze verzi, frunze moarte răsucite, flori, spini sau ghimpi de trandafiri, alge, pietre, excremente de pasăre şi alte animale cunoscute a fi otrăvitoare sau veninoase); ademenirea prădătorilor departe de pui (culicul sau cioc întors şi alte păsări ce cuibăresc pe pământ mimează atitudinea şi mersul unei păsări cu aripa ruptă); asigurarea îngrijirii ouălor (ouăle de cuc seamănă cu ouăle celorlalte gazde specifice parazitate; femelele anumitor specii de peşti care-şi cresc puii în gură prezintă pe laturile corpului desenul unor ouă, pentru a atrage masculii să ia ouăle adevărate în gura lor şi să le ţină până ies puii).

În toate cazurile, există o tentaţie de a crede că mimetismul n-ar funcţiona decât dacă este perfect. În cazul special al orhideelor şi al viespilor am observat mai multe imperfecţiuni ale viespilor şi ale altor victime ale mimetismului. Într-adevăr, în ochii mei, orhideele nu sunt deloc bizar de asemănătoare cu viespile, albinele sau muştele. Asemănarea între o insectă-frunză şi o frunză e mult mai exactă pentru ochii mei, poate pentru că ochii mei sunt mai asemănători cu ochii prădătorilor (probabil păsări) cărora imitaţia de frunză le e destinată.

Dar există un înţeles mai general în care e greşit să

sugerăm că mimetismul trebuie să fie perfect ca să funcţioneze. Oricât de buni pot fi ochii unui prădător, să zicem, condiţiile de vizibilitate nu sunt totdeauna perfecte. De altfel, va exista aproape inevitabil un continuum al condiţiilor de vizibilitate, de la foarte proaste la foarte bune. Gândiţi-vă la vreun lucru pe care-l cunoaşteţi foarte bine, atât de bine încât niciodată nu-l puteţi confunda luându-l drept altceva. Sau gândiţi-vă la o persoană – să spunem, o prietenă apropiată, atât de familiară şi îndrăgită încât n-aţi putea-o confunda niciodată cu altcineva. Să ne imaginăm acum că ea vine spre dumneavoastră de la mare distanţă. Trebuie să existe o distanţă atât de mare încât să nu o vedeţi deloc. Şi o distanţă atât de mică încât îi puteţi vedea fiecare trăsătură, fiecare geană, fiecare por. La distanţe intermediare nu sunt transformări neaşteptate. Există o treptată accentuare sau diminuare a re-cognoscibilităţii. Manualele militare de artilerie explică toate acestea astfel: „La două sute de iarzi toate părţile corpului se disting cu claritate. La trei sute de iarzi conturul feţei este neclar. La patru sute de iarzi nu se vede faţa. La şase sute de iarzi capul este doar un punct, iar corpul devine ca o lumânare. Alte întrebări?” În cazul prietenei care se apropie treptat, să presupunem că dumneavoastră puteţi s-o recunoaşteţi pe neaşteptate. Dar în acest caz, distanţa oferă un gradient al *probabilităţii* recunoaşterii neaşteptate.

Într-un fel sau altul, distanţa oferă un gradient al vizibilităţii. Ea este eminamente treptată. Pentru orice nivel de asemănare între un model şi o imitaţie, fie că imitaţia este desăvârşita, fie că este aproape inexistentă, trebuie să existe o distanţă la care ochii unui prădător să poată fi păcăliţi, şi o distanţă, puţin mai mică, la care e mai puţin probabil să fie păcăliţi. În decursul evoluţiei, asemănările, a căror perfecţiune se îmbunătăţeşte treptat, pot fi deci favorizate de selecţia naturală, în sensul că distanţa critică pentru păcălit devine treptat tot mai mică. Am folosit „ochii prădătorului” pentru a simboliza „ochii oricui trebuie păcălit”. În unele cazuri vor fi ochii prăzii, ochii părintelui grijuliu, ochii femelei de peşte şi aşa mai departe.

Am demonstrat acest efect în conferinţe cu un public format din copii. Colegul meu, dr. George McGavin de la Muzeul Universităţii Oxford, a avut amabilitatea să confecţioneze pentru mine macheta unei „liziere de pădure”, acoperită cu rămurele, frunze moarte şi muşchi. Peste acestea a aşezat artistic numeroase insecte moarte. Unele dintre ele, ca de exemplu un gândac de un albastru metalic, îţi săreau pur şi simplu în ochi; altele, incluzând insecte subţiri şi fluturi care imită frunzele, erau excelent camuflate; iar altele, de exemplu un gândac negru de bucătărie, erau o categorie intermediară. Copiilor li se cerea să iasă din public şi să meargă încet spre machetă, să identifice insectele şi să anunţe pe măsură ce observau câte una. Când erau destul de departe nu puteau zări nici insectele cele mai evidente. Pe măsură ce se apropiau, vedeau întâi insectele bătătoare la ochi, apoi pe cele, ca gândacii de bucătărie, de vizibilitate medie, şi, în fine, pe cele bine camuflate. Insectele cele mai bine camuflate scăpau detectării, chiar şi atunci când copiii erau foarte aproape şi exclamau de uimire când eu le arătam.

Distanţa nu este singurul gradient pe baza căruia se poate construi o asemenea argumentaţie. Un altul este lumina crepusculară. În toiul nopţii nu se poate vedea aproape nimic. Şi, chiar o asemănare foarte imperfectă a unei imitaţii cu modelul merge. La amiază, doar o copie de mare acurateţe poate scăpa descoperirii. În acest interval, în zori şi în amurg, pe-nserate sau numai într-o zi noroasă, pe ceaţă sau pe timp de furtună, se realizează un lin şi neîntrerupt continuum al vizibilităţii, încă o dată, asemănările de o precizie tot mai mare vor fi favorizate de selecţia naturală, deoarece, pentru orice asemănare bună, există un nivel de vizibilitate la care acea anumită asemănare este esenţială, în decursul evoluţiei, asemănările care se îmbunătăţesc treptat conferă avantajul supravieţuirii, deoarece intensitatea critică a luminii necesare pentru a fi păcălit devine treptat mai mare.

Un gradient similar este oferit de unghiul de vedere. O insectă care imită, izbutit sau neizbutit, va fi văzută uneori

de prădător doar cu coada ochiului. Alteori va fi privită fără milă direct înhaţă. Trebuie să existe un unghi al vederii, atât de periferic încât şi asemănarea cea mai puţin reuşită va scăpa detectării. Trebuie să existe o vedere atât de centrală încât şi cea mai strălucită imitaţie va fi în pericol. Între aceste extreme există un gradient constant al vederii, un continuum de unghiuri. Pentru orice nivel dat al perfecţiunii mimetismului va exista un unghi critic la care o mică ameliorare sau deteriorare este esenţială. În decursul evoluţiei, sunt favorizate asemănările care se ameliorează continuu, deoarece unghiul critic pentru a fi păcălit devine treptat tot mai central.

Calitatea ochilor şi creierilor duşmanilor poate fi considerată ca un alt gradient şi eu m-am referit deja la ele la începutul capitolului. Pentru orice nivel de asemănare între un model şi o imitaţie este probabil să fie un ochi care va fi păcălit şi un ochi care nu va fi păcălit. Încă o dată, în decursul evoluţiei, asemănările care se ameliorează continuu sunt favorizate, deoarece ochii din ce în ce mai sofisticaţi ai prădătorului sunt păcăliţi. Nu vreau să spun că pe prădătorii şi-au dezvoltat ochi mai buni concomitent cu ameliorarea mimetismului, deşi ar fi posibil. Vreau să spun că există prădători cu vedere bună şi prădători cu vedere slabă. Toţi aceşti prădători constituie un pericol. O imitaţie nereuşită păcăleşte numai pe prădătorii cu vederea slabă. O imitaţie izbutită păcăleşte aproape pe toţi prădătorii. Între aceştia există un continuum lin.

Menţionarea ochilor slabi şi ochilor buni mă aduce la enigma preferată a creaţioniştilor. La ce ar folosi o jumătate de ochi? Cum poate favoriza selecţia naturală un ochi care este mai puţin decât perfect? Am tratat această problemă anterior şi am expus o întreagă gamă de tipuri intermediare de ochi, extrasă, de fapt, dintre acelea care există în diferitele încrengături ale regnului animal. Voi include ochii în categorii pe care le-am stabilit pe baza unor gradienţi teoretici. Există un gradient, un continuum, de sarcini la care un ochi ar putea fi folosit. În clipa de faţă eu folosesc ochii mei pentru a recunoaşte literele alfabetului pe măsură

ce apar pe monitor. Aveţi nevoie de ochi buni, cu acuitate mare, pentru a face acest lucru. Am ajuns la o vârstă când nu mai pot citi fără ajutorul ochelarilor, în prezent unii care măresc destul de puţin. Pe măsură ce îmbătrânesc, numărul de dioptrii va creşte constant. Fără ochelarii mei îmi va fi din ce în ce mai greu să văd detaliile. Şi aici avem încă un continuum: continuumul vârstei.

Orice om normal, chiar unul bătrân, are o vedere mai bună decât o insectă. Sunt sarcini care pot fi îndeplinite cu succes de oameni cu o vedere relativ slabă, care variază foarte mult până aproape de orbire. Dumneavoastră puteţi juca tenis chiar cu vederea destul de neclară, deoarece o minge de tenis este un obiect mare ale cărui poziţie şi traiectorie pot fi sesizate, chiar dacă imaginea nu se formează în focar. Ochii libelulelor, consideraţi a fi de o acuitate vizuală scăzută după standardele noastre, sunt buni conform standardelor insectelor, şi libelulele pot vâna din zbor, o sarcină aproape la fel de dificilă cu aceea de a lovi mingea de tenis. Cu o vedere mult mai slabă s-ar putea merge pe muchia unei stânci, Evitând căderea, sau ar fi posibil să evităm izbirea de vreun perete sau prăbuşirea într-un râu. Chiar nişte ochi cu o vedere şi mai slabă ar spune când o umbră, care ar putea fi un nor, dar ar putea însemna, de asemenea, un prădător, apare deasupra capului. Şi ochi care sunt încă şi mai slabi ar putea observa diferenţa dintre zi şi noapte, de altfel foarte utilă, printre altele, pentru sincronizarea perioadelor de împerechere şi pentru a şti când să mergem la culcare. Există deci un continuum de sarcini pe care un ochi le-ar putea îndeplini, astfel încât pentru o calitate dată a sa, de la minunat la îngrozitor, există un anumit nivel de solicitare la care o ameliorare marginală a vederii ar fi esenţială. Nu există aşadar nici o dificultate în înţelegerea evoluţiei ochiului, de la începuturile primitive şi brute, printr-un continuum lin de forme intermediare, până la perfecţiunea pe care o vedem la un şoim sau un tânăr.

Astfel că întrebarea creaţionistului – „La ce foloseşte o jumătate de ochi?” – este o întrebare de categorie uşoară la

care este o joacă să răspunzi. O jumătate de ochi este doar cu un procent mai bună decât 49% dintr-un ochi, care este deja mai bun decât 48%, iar diferenţa este semnificativă. O expunere greoaie pare să stea la baza inevitabilului discurs care urmează: „Vorbind ca un fizician[5], eu nu pot să cred că a existat suficient timp pentru ca un organ atât de complicat că ochiul să fi evoluat din nimic. Credeţi cu adevărat că a fost suficient timp?”

Ambele întrebări derivă din argumentul incredulităţii personale. Cu toate acestea, publicul apreciază un răspuns, şi de obicei eu am recurs la mărimea reală a epocilor geologice. Dacă un pas reprezintă un secol, întreaga perioadă de după Isus se comprimă într-un teren de cricket. La aceeaşi scară, pentru a ajunge la originea animalelor pluricelulare ar trebui să alergaţi cu sufletul la gură între New York şi San Francisco.

Zguduitoarea mărime a timpului geologic este un fel de a trage cu tunul în vrăbii. Alergarea de la o coastă la alta conferă dimensiuni spectaculoase timpului *disponibil* pentru evoluţia ochiului. Însă un studiu recent datorat unui cuplu de cercetători suedezi, Dan Nilsson şi Susanne Pelger, sugerează că o ridicol de mică parte din acel timp ar fi fost folosită din plin. Când cineva spune „ochiul”, înseamnă în mod implicit ochiul de vertebrat, dar ochi utili pentru formarea imaginii s-au dezvoltat independent de la patruzeci până la şaizeci de ori, de la stadiul iniţial, în multe grupe diferite de nevertebrate. Printre aceste patruzeci şi ceva de evoluţii independente au fost descoperite cel puţin

[5] Sper că aceasta nu va ofensa pe nimeni. În sprijinul punctului meu de vedere, citez următoarele rânduri din lucrarea *Science and Christian Belief* datorată distinsului fizician, reverendul John Polkinghorne (1994, p. 16): „Cineva ca Richard Dawkins poate prezenta imaginile persuasive ale modului în care s-au produs unele transformări la scară mare prin selectarea cu grijă şi acumularea unor mici diferenţe, dar, instinctiv, un savant fizician ar dori să vadă o evaluare, oricât de grosieră, a numărului de paşi necesari pentru evoluţia de la o celulă de-abia sensibilă la lumină, la ochiul de insectă complet constituit, cât şi numărul aproximativ de generaţii cerut pentru a se produce mutaţiile necesare.”

nouă principii distincte de elaborare, incluzând ochii de tip cameră pinhole, două feluri de ochi-obiectiv fotografic, ochii reflector-curbaţi („farfurie satelit”) şi câteva tipuri de ochi compuşi. Nilsson şi Pelger s-au ocupat mai mult de ochii tip obiectiv fotografic cu cristalin, ca cei foarte bine dezvoltaţi la vertebrate şi caracatiţe.

Cum aţi începe dumneavoastră estimarea timpului necesar pentru o cantitate dată de schimbare evolutivă? Trebuie să găsim o unitate pentru a măsura fiecare pas evolutiv şi aceasta se poate exprima sub forma unui procent de schimbare în raport cu ceea ce există deja. Nilsson şi Pelger au folosit numărul schimbărilor succesive de 1% ca unitate pentru măsurarea schimbărilor cantităţilor anatomice. Este doar o măsură convenţională – ca şi caloria care este definită ca necesarul de energie pentru a efectua o anumită cantitate de lucru mecanic. Este cel mai la îndemâna să folosim o unitate de 1% atunci când schimbarea se face într-o singură dimensiune. În cazul unui eveniment improbabil, de exemplu creşterea continuă în lungime a cozii păsării paradisului favorizată de selecţia naturală, citi paşi ar fi însă necesari ca aceasta să ajungă de la un metru la un kilometru? O creştere a lungimii cozii de 1% n-ar putea fi înregistrată de un eventual observator al păsării. Cu toate acestea ar fi necesar, în mod surprinzător, puţini astfel de paşi pentru alungirea cozii până la 1 kilometru – mai puţin de şapte sute.

Alungirea unei cozi de la un metru la un kilometru poate să fie normală (dar în acelaşi timp absurdă), dar cum poţi plasa evoluţia unui ochi pe o aceeaşi scală? Problema este că, în cazul ochiului, o mulţime de lucruri trebuie să se petreacă concomitent, într-o mulţime de părţi componente diferite. Sarcina lui Nilsson şi Pelger era să elaboreze pe calculator modele ale ochilor în dezvoltare pentru a răspunde la două probleme. Primă este în fond cea pe care am pus-o mereu în aceste ultime pagini, numai că ei au pus-o mai sistematic, folosind un calculator: există un gradient constant al schimbării, de la un tegument neted până la ochiul asemănător unui obiectiv fotografic, astfel

încât fiecare formă intermediară să reprezinte un progres? (Spre deosebire de proiectanţii umani, selecţia naturală nu o poate lua la vale nici chiar dacă pe cealaltă latură a văii există tentaţia unui deal mai înalt.) A doua – problema cu care am început această parte – cât ar dura producerea cantităţii necesare pentru o schimbare evolutivă?

În modelele lor pe calculator, Nilsson şi Pelger nu au făcut nici o încercare de simulare a funcţionării interne a celulelor. Ei au început povestea lor după inventarea unei singure celule fotosensibile – o putem numi fotocelulă. Ar fi foarte bine ca pe viitor să se realizeze un alt model pentru calculator, de data aceasta la nivelul structurii interne a celulei, pentru a arăta cum o celulă iniţială, nespecializată a devenit pas cu pas prima fotocelulă. Dar, cum întotdeauna trebuie să pornim de undeva, şi Nilsson şi Pelger au început după inventarea fotocelulei. Ei au lucrat la nivelul ţesuturilor: nivelul unei ţesături făcute din celule mai degrabă decât nivelul celulelor individuale. Pielea este un ţesut, la fel este mucoasa intestinală, la fel este muşchiul sau ficatul. Ţesuturile se pot modifica în diferite feluri sub influenţa mutaţiilor întâmplătoare. Straturile ţesutului pot deveni mai mari sau mai mici în suprafaţă. Ele pot deveni mai subţiri sau mai groase. În cazul mai special al ţesuturilor transparente, cum este ţesutul cristalinului, ele-şi pot schimba indicele de refracţie (puterea de deviaţie a luminii) într-un anumit loc al ţesutului.

Frumuseţea simulării unui ochi, spre deosebire de, să zicem, piciorul unei pantere care aleargă, constă în faptul că eficienţa sa poate fi măsurată cu uşurinţă, folosind legile opticii elementare. Ochiul este reprezentat ca o secţiune transversală bidimensională, deci computerul poate calcula cu uşurinţă acuitatea lui vizuală, sau rezoluţia spaţială, sub forma unui singur număr real. Ar fi fost mult mai greu să pornim de la o expresie numerică echivalentă pentru eficienţa piciorului de panteră sau a coloanei vertebrale. Nilsson şi Pelger au pornit de la o retină netedă deasupra unui strat neted de pigment şi înconjurată de alt strat neted, protector transparent. Stratului transparent i se

permitea să sufere mutaţii localizate la întâmplare ale indicelui său de refracţie. Cercetătorii au lăsat apoi modelul să se autodeformeze la întâmplare, constrâns numai de cerinţa ca orice schimbare să fie de amplitudine mică şi să reprezinte o îmbunătăţire faţă de cele anterioare.

Rezultatele au apărut cu promptitudine şi au fost concludente. Traiectoria creşterii constante a acuităţii a dus fără ezitare de la începutul neted, printr-o depresiune superficială, la o cupă care devenea tot mai adâncă pe măsură ce modelul ochiului se deformă pe monitor. Stratul transparent s-a îngroşat umplând cupă şi şi-a bombat constant suprafaţa externă într-o curbă. Şi apoi, aproape ca într-o scamatorie, o porţiune a acestei umpluturi transparente s-a condensat într-un anumit loc, o subregiune sferică cu un indice de refracţie mai mare. Nu uniform mai mare, ci cu un gradient al indicelui de refracţie astfel încât regiunea sferică a funcţionat ca o excelentă lentilă cu indice de refracţie variabil. Lentilele cu indice de refracţie variabil sunt necunoscute constructorilor de lentile, dar ele sunt obişnuite în ochii fiinţelor vii. Oamenii fac lentile prin şlefuirea sticlei până la o anumită formă. Putem face o lentilă compusă, asemănătoare lentilelor scumpe cu irizări violacee ale aparatelor fotografice moderne, prin montarea câtorva lentile, dar fiecare dintre acestea este făcută din sticlă uniformă în toată grosimea ei. O lentilă cu indice de refracţie variabil are, în schimb, un indice de refracţie care se poate modifica continuu în interiorul materiei din care ea este făcută. Caracteristic pentru acest tip de lentilă este faptul că are un indice de refracţie mare în apropierea centrului lentilei. Ochii peştilor au un cristalin cu indice de refracţie variabil. Se ştie de mult că, pentru o lentilă cu indice de refracţie variabil, rezultatele cu aberaţiile cele mai mici sunt obţinute când realizaţi o anumită valoare teoretică optimă pentru raportul între distanţa focală a lentilei şi rază. Acest raport este numit raportul lui Mattiessen. Modelul de ochi imaginat de Nilsson şi Pelger cu ajutorul calculatorului funcţionează fără greşeală pe baza raportului Mattiessen.

Să revenim la problema timpului necesar pentru ca o astfel de schimbare evolutivă să se producă. Pentru a răspunde acestei întrebări, Nilsson şi Pelger au trebuit să facă unele presupuneri referitoare la genetică populaţiilor naturale. Ei au trebuit să dea modelului lor valori plauzibile ale unor cantităţi cum ar fi „eritabilitatea”. Eritabilitatea este o măsură a cantităţii de variaţie determinată de ereditate. Metoda folosită pentru evaluarea eritabilităţii constă în a stabili cât de mult se aseamănă gemenii monozigoţi (adică, „identici”) comparativ cu cei obişnuiţi. Un studiu a stabilit că eritabilitatea lungimii piciorului la bărbaţi este de 77%. O eritabilitate de 100% ar însemna să putem afla cu exactitate lungimea piciorului unuia din gemenii monozigoţi măsurând piciorul fratelui său, chiar dacă cei doi au fost crescuţi separat. O eritabilitate de 0% ar însemna că picioarele celor doi gemeni nu sunt mai asemănătoare între ele decât picioarele unor membri aleşi la întâmplare dintr-o populaţie într-un mediu dat. Alte valori ale eritabilităţii determinate la specia umană sunt de 95% pentru circumferinţa craniului, 85% în ceea ce priveşte înălţimea în poziţie orizontală, 80% pentru lungimea braţului şi 79% pentru statură.

Valorile eritabilităţii sunt în mod frecvent mai mari de 50%, astfel că Nilsson şi Pelger au apreciat că sigură introducerea acestei valori în modelul lor de ochi. Această evaluare este considerată „pesimistă” sau conservatoare. Comparată cu una mai realistă de, să zicem, 70%, o evaluare pesimistă tinde să crească ultima lor estimare referitoare la timpul necesar evoluţiei ochiului. Au supraestimat în mod intenţionat, deoarece specia umană este în mod natural sceptică atunci când e vorba de o subestimare a timpului necesar dezvoltării unui lucru atât de complicat că ochiul.

Pentru acelaşi motiv, ei au ales valori pesimiste pentru coeficientul de variaţie (cantitatea de variaţie existentă în populaţie) şi pentru intensitatea selecţiei (cantitatea de avantaje pentru supravieţuire conferită de ameliorarea acuităţii vizuale). Au mers chiar atât de departe încât au

presupus că orice nouă generaţie se deosebeşte numai la nivelul unei singure componente a ochiului la un moment dat: au fost eliminate schimbările simultane ale diferitelor părţi componente ale ochiului care ar fi accelerat evoluţia. Dar chiar aplicând toate aceste prezumpţii conservatoare, timpul necesar pentru dezvoltarea unui ochi de peşte din epiderma netedă era infim: mai puţin de patru sute de mii de generaţii. Pentru tipurile de animale mici de care vorbim, putem estima o generaţie pe an, aşadar se pare că au fost necesari mai puţin de jumătate de milion de ani pentru a se dezvolta un ochi de complexitatea unui obiectiv fotografic.

În lumina rezultatelor lui Nilsson şi Pelger, nu este de mirare că „ochiul” a evoluat în mod independent de cel puţin patruzeci de ori în cadrul regnului animal. Ar fi fost suficient timp pentru el să fi evoluat de la faza iniţială de o mie cinci sute de ori în orice linie evolutivă. Presupunând durata medie a unei generaţii tipică pentru animalele de talie mică, timpul necesar evoluţiei ochiului, departe de a ne face să ne îndoim prin imensitatea sa, pare a fi prea scurt pentru ca geologii să-l poată măsura. Este o clipă geologică.

Faceţi binele pe ascuns. O trăsătură fundamentală a evoluţiei este gradualitatea sa. Aceasta constituie mai mult un principiu decât un fapt. S-ar putea ca anumite episoade din evoluţie să fi luat o turnură neaşteptată, după cum s-ar putea şi că aceasta să nu se fi întâmplat. Acestea ar putea fi momente ale evoluţiei rapide sau chiar macromutaţii bruşte – schimbările majore care separă un copil de ambii lui părinţi. Există cu certitudine dispariţii neaşteptate – poate din cauza unor mari cataclisme naturale cum ar fi prăbuşirea unei comete pe pământ – şi acestea lasă goluri ce trebuie umplute cu dubluri care se îmbunătăţesc rapid, aşa cum mamiferele au înlocuit dinozaurii. În realitate, este foarte probabil că evoluţia să nu fie întotdeauna treptată. Dar ea trebuie să fie treptată când este folosită pentru a explica apariţia unor obiecte atât de complicate, aparent proiectate, cum sunt ochii. Pentru că dacă nu ar fi treptată,

în aceste cazuri nu ar mai avea nici o putere explicativă. Şi, fără gradualitate, în aceste cazuri ne vom întoarce la miracole, ceea ce este sinonim cu absenţa oricărei explicaţii.

Motivul pentru care ochii şi orhideele polenizate de insecte ne impresionează atât este faptul că ele par neverosimile. Probabilitatea ca ele să nu se fi asamblat spontan, la noroc, este prea mare pentru a fi acceptabilă în lumea reală. Rezolvarea şaradei o constituie evoluţia treptată prin paşi mici, fiecare pas fiind norocos, dar nu *prea* norocos. Dacă nu ar fi treptată, nu ar exista rezolvare pentru şaradă: ar fi numai o reformulare a şaradei.

Va veni timpul când ne va fi greu să ne gândim la ceea ce au putut fi formele intermediare treptate. Vor fi provocări pentru agerimea noastră. Dar dacă agerimea noastră nu va reuşi, cu atât mai rău pentru ea. Aceasta nu constituie dovada că nu au existat forme intermediare treptate. Una dintre cele mai dificile provocări adresate agerimii noastre în înţelegerea formelor intermediare treptate este făcută de celebrul „limbaj al dansului” al albinelor, descris în lucrările de acum clasice pentru care Karl von Frisch este foarte bine cunoscut. În acest caz, produsul final al evoluţiei pare atât de complicat, atât de ingenios, atât de departe de ceea ce ne aşteptăm în general să facă o insectă, încât formele intermediare sunt greu de imaginat.

Albinele spun una alteia locul unde se află florile prin intermediul unui dans codificat cu migală. Dacă hrana se află foarte aproape de stup ele execută „dansul în cerc”. Acesta stimulează doar celelalte albine care ies grăbite şi caută în vecinătatea stupului. Până aici nimic deosebit. Dar *foarte* deosebit este ceea ce se întâmplă atunci când hrana este departe de stup. Albina care a căutat şi a descoperit hrana execută aşa-numitul „dans unduitor”, forma şi durata lui indicând celorlalte albine atât direcţia cât şi distanţa de la stup la hrană. Dansul unduitor este executat în interiorul stupului, pe suprafaţa verticală a fagurelui. În stup este întuneric, prin urmare dansul unduitor nu este văzut de

celelalte albine. El este simţit de ele, şi de asemenea auzit, pentru că albina care dansează însoţeşte execuţia ei cu un uşor zumzăit ritmic. Dansul are forma cifrei opt, cu o linie dreaptă în mijloc. Direcţia liniei drepte, sub forma unui cod ingenios, indică sensul în care se găseşte hrana.

Linia dreaptă a dansului nu este orientată direct spre hrană. Nici nu se poate, deoarece dansul este executat pe suprafaţa verticală a fagurelui şi poziţia acestuia a fost stabilită fără nici o legătură cu direcţia în care ar putea fi hrana. Aceasta trebuie să fie localizată geografic, în plan orizontal. Fagurele vertical este ca o hartă agăţată pe perete. O linie trasată pe o hartă-perete nu poate fi orientată direct spre o anumită destinaţie, dar dumneavoastră puteţi descifra direcţia cu ajutorul unei convenţii arbitrare. Pentru a înţelege convenţia folosită de albine, trebuie să aflaţi mai întâi că albinele, asemenea multor insecte, călătoresc folosind soarele drept busolă. Într-un fel aproape asemănător procedăm şi noi. Metoda prezintă două inconveniente. Primul, soarele este adeseori acoperit de nori. Albinele depăşesc acest inconvenient cu ajutorul unui simţ pe care noi nu-l avem. Von Frisch a fost cel care a descoperit mai întâi că ele pot vedea direcţia de polarizare a luminii, şi aceasta le indică lor unde se află soarele, chiar dacă soarele este invizibil. Al doilea inconvenient cu o busolă-soare este că soarele se „mişcă” pe cer pe măsură ce orele trec. Albinele fac faţă şi acestui neajuns folosind un ceas intern propriu. Von Frisch a descoperit, aproape incredibil, că albinele care dansează, închise în stup multe ore de la ultima expediţie de strângere a hranei, ar roti încet direcţia liniei drepte a dansului ca şi cum acesta ar fi braţul unui ceas care indică ora. Albinele nu pot vedea soarele în stup, dar ele modifică treptat unghiul direcţiei dansului lor pentru a-l corela cu mişcarea soarelui care, le-au spus ceasurile lor interne, trebuie să se deplaseze mai departe. În mod uimitor, speciile de albine din emisfera sudică fac acelaşi lucru invers, cum era de aşteptat.

Acum să trecem la codul dansului. Un dans orientat în

sus faţă de fagure arată că hrana este în aceeaşi direcţie cu soarele. Linia dreaptă în jos semnalează existenţa hranei exact în direcţie opusă. Toate unghiurile intermediare semnalează ceea ce vă aşteptaţi. Cinci zeci de grade spre stânga faţă de verticală semnalează cincizeci de grade spre stânga faţă de direcţia soarelui în plan orizontal. Precizia dansului nu este totuşi de ordinul gradelor. De ce ar trebui să fie, căci, în fond, împărţirea busolei în trei sute şaizeci de grade este convenţia noastră arbitrară. Albinele împart busola în aproximativ opt grade apicole. De fapt, şi noi procedăm aproape la fel când nu suntem navigatori profesionişti. Noi împărţim busola noastră simplu în opt cvadranţi: N, NE, E, SE, S, SV, V, NV.

Dansul albinelor codifică, de asemenea, distanţa faţă de hrană. Sau, mai degrabă, anumite aspecte ale dansului – frecvenţa rotaţiilor, frecvenţa unduirilor, frecvenţa zumzăitului – sunt corelate cu distanţa faţă de hrană, şi oricare dintre ele, sau orice combinaţie a lor, poate fi folosită de celelalte albine pentru a estima distanţa. Cu cât este mai aproape hrana, cu atât dansul este mai rapid. Ca să ţineţi minte acest lucru gândiţi-vă că o albină care a descoperit hrana aproape de stup trebuie să fie mai agitată şi mai puţin obosită decât o albină care a găsit hrana la mare distanţă. Aceasta este mai mult decât un *aide memoire*; ea oferă o explicaţie a modului în care s-a dezvoltat dansul, după cum vom vedea.

Pentru a rezuma, o albină care caută hrană a descoperit o sursă bună. Se reîntoarce la stup împovărată cu nectar şi polen, şi livrează încărcătura lucrătoarelor. Apoi începe dansul. Undeva pe un fagure vertical, n-are importanţă unde, începe să se învârtă într-un opt foarte strâns. Celelalte albine lucrătoare se adună în jurul ei, ascultând şi luând seamă. Ele numără frecvenţa zumzăitului şi poate şi frecvenţa rotaţiilor. Ele măsoară, faţă de verticală, unghiul direcţiei liniei drepte a dansului în timp ce dansatoarea îşi unduieşte abdomenul. Apoi ele se deplasează spre ieşirea stupului şi ţâşnesc afară din întuneric în lumina soarelui. Ele observă poziţia soarelui – nu înălţimea lui pe verticală, ci

direcţia lui raportată la planul orizontal. Îşi iau zborul într-o linie dreaptă al cărei unghi în raport cu soarele corespunde unghiului dansului primei albine în raport cu verticala fagurelui. Ele continuă să zboare în această direcţie, dar nu o distanţă indefinită, ci o distanţă (invers) proporţională cu (logaritmul) frecvenţei zumzăitului primei dansatoare. În mod ciudat, dacă prima albină a descris un ocol pentru a găsi hrana, ea orientează dansul nu în direcţia ocolului, ci în direcţia hranei, reconstituită cu ajutorul busolei.

Povestea albinelor care dansează este greu de crezut. Şi unii chiar nu au crezut-o. Mă voi întoarce la sceptici şi la experienţele recente, care în final au confirmat dovezile, în capitolul următor. În acest capitol vreau să discut evoluţia treptată a dansului albinei. Cum trebuie să fi arătat etapele de tranziţie în evoluţia lui şi cum lucrau ele când dansul era încă incomplet?

Modul în care întrebarea este exprimată nu este destul de corect. Nici un animal nu poate exista ca un „stadiu de tranziţie”, „intermediar”. Albinele străvechi, de mult dispărute, al căror dans poate fi interpretat, retrospectiv, ca stadiu de tranziţie, pe calea spre dânsul modern al albinelor, trăiau foarte bine. Ele au trăit deplin viaţa de albină, şi nu s-au gândit că sunt „pe calea” spre ceva „mai bun”. De altfel, dansul „modern” al albinei noastre poate să nu fie ultimul cuvânt în materie şi poate să se dezvolte în ceva chiar mai spectaculos după ce noi şi albinele noastre nu vom mai fi. Totuşi, putem să ghicim cum a evoluat dansul actual al albinei în etape succesive. Cum ar fi putut să arate formele intermediare şi cum funcţionau ele?

Von Frisch s-a ocupat de această problemă şi a abordat-o cercetând în jurul arborelui genealogic până la rudele îndepărtate din ziua de azi ale albinei melifere. Acestea nu sunt strămoşii albinelor pentru că sunt contemporanii lor. Dar ele pot păstra trăsături ale strămoşilor. Albina meliferă însăşi este o insectă de zonă temperată care-şi găseşte adăpostul în copaci scorburoşi sau peşteri. Rudele ei cele mai apropiate sunt albinele tropicale care-şi fac cuibul în aer liber, atârnându-şi fagurii de ramurile copacilor sau de

pereţi stâncoşi. Deci ele pot să vadă soarele în timp ce dansează şi nu trebuie să recurgă la convenţia de a lăsa verticala „să ţină locul” direcţiei soarelui. Soarele îşi are propriul său loc.

Una dintre aceste rude tropicale, albina pitică *Apis florea,* dansează în plan orizontal pe suprafaţa superioară a fagurelui. Linia dreaptă a dansului este orientată direct spre hrană. Nu este necesară nici o convenţie cartografică; indicarea o va face direct. Un studiu de tranziţie plauzibil pe drumul evoluţiei spre albină, desigur, dar încă trebuie să ne mai gândim la alte forme intermediare care au existat înainte şi după această fază. Cum ar fi arătat dansul executat de strămoşii albinei pitice? De ce ar trebui o albină care tocmai a descoperit hrana să se tot învârtă în forma cifrei opt a cărei linie dreaptă să fie orientată spre hrană? Sugestia este că el este o formă ritualizată a elanului de decolare. Înaintea dezvoltării dansului, sugerează von Frisch, o insectă care caută hrana – cercetaş – şi care tocmai a descărcat-o, ar decola în aceeaşi direcţie zburând înapoi spre sursa de hrană. Pregătindu-se să se lanseze în aer, ea şi-ar întoarce faţa în direcţia corectă şi ar face câţiva paşi. Selecţia naturală ar fi favorizat orice tendinţă de exagerare sau prelungire a acestui elan de decolare dacă el ar fi îndemnat şi celelalte albine să-l urmeze. Poate că dansul este un fel de elan de decolare repetat ritual. Aceasta este credibil deoarece, fie că folosesc fie că nu folosesc dansul, albinele utilizează frecvent o tactică mai directă, pur şi simplu mergând una după alta spre sursa de hrană. Un alt fapt care face ideea plauzibilă este că albinele care dansează îşi întind uşor aripile, ca şi cum s-ar pregăti de zbor şi vibrează muşchii aripilor, nu atât de puternic încât să-şi ia zborul, dar suficient pentru a emite un zumzăit care este o componentă importantă a semnalului dansului.

O modalitate evidentă de a prelungi sau exagera elanul plecării este repetarea lui. Repetarea lui presupune întoarcerea la linia de start şi apoi schiţarea câtorva paşi în direcţia hranei. Există două modalităţi de întoarcere la linia

de plecare: vă puteţi întoarce spre dreapta sau spre stânga la capătul pistei. Dacă vă întoarceţi mereu ba la stânga, ba la dreapta, va deveni neclar care este direcţia reală de decolare şi care este drumul de revenire spre începutul pistei. Cel mai bun mijloc de a elimina ambiguitatea este întoarcerea alternativă la stânga şi la dreapta. De aici selectarea naturală a modelului cifrei opt.

Dar cum s-a făcut legătura între distanţa la care se află sursa de hrană şi ritmul dansului? Dacă ritmul dansului ar fi corelat direct cu distanţa până la hrană, ar fi greu de explicat. Dar, vă aduceţi aminte, în realitate, lucrurile se petrec altfel: cu cât este mai apropiată sursa de hrană, cu atât dansul este mai rapid. Aceasta sugerează imediat o modalitate plauzibilă a evoluţiei treptate. Înainte ca dânsul să se fi elaborat propriu-zis, albinele cercetaş trebuie să-şi fi executat repetarea lor ritualizată a elanului pentru zbor, dar nu cu o viteză anumită. Ritmul dansului ar fi fost oricare se întâmpla să aibă ele chef. Acum, dacă tocmai v-aţi întors acasă de la câteva mile depărtare încărcat din plin cu nectar şi polen, aţi avea chef să vă năpustiţi în mare viteză în jurul fagurelui? Nu, probabil că dumneavoastră aţi fi epuizat. Pe de altă parte, dacă tocmai aţi descoperit o sursă de hrană bogată în apropierea stupului, scurta dumneavoastră călătorie spre casă nu v-ar obosi, rămânând odihnit şi plin de energie. Nu e greu să ne imaginăm cum, o legătură iniţială întâmplătoare între distanţa până la hrană şi ritmul dansului ar fi devenit ritualizată într-un cod exact, sigur.

Şi acum câte ceva despre formele cele mai incitante, cele intermediare. Cum s-a putut transforma un dans străvechi, în care linia dreaptă era orientată direct spre sursa de hrană, într-unul în care unghiul relativ la planul vertical devenea un cod pentru unghiul sursei de hrană relativ la soare? O asemenea transformare era necesară, pe de o parte pentru că interiorul stupului e întunecos, iar dumneavoastră nu puteţi vedea soarele, pe de altă parte, atunci când dansaţi într-un fagure vertical nu puteţi să vă îndreptăţi direct spre hrană, exceptând situaţia în care

chiar suprafaţa fagurelui coincide cu direcţia în care se găseşte hrana. Dar nu este suficient să arătăm că astfel de transformări erau necesare. Trebuie, de asemenea, să explicăm cum a fost realizată această dificilă tranziţie, pas cu pas, prin intermediul unei serii plauzibile de forme intermediare.

Este de mirare, dar ne vine în ajutor o însuşire unică a sistemului nervos al insectelor. Următoarele experienţe remarcabile au fost realizate cu o mulţime de insecte, de la gândaci la furnici. Să începem cu un gândac care se deplasează de-a lungul unei planşete de lemn orizontală, în prezenţa unei lumini electrice. Primul lucru care trebuie evidenţiat este că insecta foloseşte o busolă-lumină. Modificaţi poziţia becului şi insecta îşi va schimba în mod corespunzător direcţia. Dacă se află în direcţia de, să zicem, 30° spre lumină, insecta îşi va modifica direcţia astfel încât să menţină o direcţie de 30° faţă de noua poziţie a sursei de lumină. De fapt, dumneavoastră puteţi călăuzi insecta în oricare direcţie doriţi folosind spotul luminos pe post de cârmă. Este un lucru bine ştiut despre insecte: ele folosesc soarele (sau luna, sau stelele) ca pe o busolă, iar dumneavoastră le puteţi păcăli uşor cu un bec. Până aici toate bune. Acum urmează partea cea mai interesantă a experimentului. Stingeţi lumina şi în aceeaşi clipă răsuciţi planşeta în poziţie verticală. Fără să se sperie, gândacul continuă să se deplaseze şi, *mirabile dictu,* el schimbă direcţia de mers astfel încât unghiul lui relativ la verticală este acelaşi cu unghiul anterior relativ la lumină: 30°, în exemplul nostru. Nimeni nu ştie de ce se întâmpla asta, dar aşa se întâmpla. Se pare că este vorba de un subterfugiu al sistemului nervos al insectei: o confuzie a simţurilor, o încrucişare a firelor simţului de orientare în câmp gravitaţional şi ale simţului văzului, poate oarecum asemănătoare cu acea luminiţă pe care o vedem când primim o lovitură în cap. Toate aceste evenimente alcătuiesc probabil puntea necesară spre evoluţia codului „verticala care ţine locul soarelui” al dansului albinei.

Revelator este că, dacă dumneavoastră aprindeţi o

lumină în interiorul unui stup, veţi constata că albinele nu mai folosesc simţul de orientare în câmpul gravitaţional, ci folosesc direcţia luminii care ţine loc, direct, în codul lor, soarelui. Acest fapt, cunoscut de mult, a fost exploatat într-unul din cele mai ingenioase experimente întreprinse vreodată, care, în final, a confirmat că dansul albinei realmente funcţionează. Voi reveni la el în capitolul următor. În acelaşi timp, noi am descoperit o serie plauzibilă de forme intermediare treptate prin care dansul modern al albinei s-ar fi putut elabora de la începuturile mai simple. Povestea pe care v-am spus-o, bazată pe conceptele lui von Frisch, poate să nu fie singura adevărată. Dar, cu siguranţă ceva asemănător s-a petrecut. V-am povestit-o ca un răspuns adresat scepticismului natural – Argumentul Incredulităţii Personale – care apare la oameni atunci când sunt confruntaţi cu un fenomen natural complicat sau realmente ingenios. Scepticul spune: „Nu pot să-mi imaginez o serie plauzibilă de tranziţii, prin urmare nu a existat nici una şi fenomenul s-a produs printr-un miracol spontan.” Von Frisch a oferit o serie plauzibilă de tranziţii. Chiar dacă nu sunt seriile cele mai potrivite, faptul că sunt plauzibile este suficient pentru a răsturna Argumentul Incredulităţii Personale. Aceasta este valabil şi pentru celelalte exemple la care ne-am referit, de la orhideele care imită viespea, până la ochii asemănători unui obiectiv fotografic.

Foarte multe fapte curioase, şi care ne intrigă, din natură ar putea fi adunate de cei care se îndoiesc de explicaţia darwinistă a dezvoltării treptate. Am fost rugat, de exemplu, să explic evoluţia treptată a acelor fiinţe care trăiesc în gropile adânci ale Oceanului Pacific, unde nu este lumină şi unde presiunea poate depăşi o mie de atmosfere. O întreagă comunitate de animale trăieşte în jurul crăpăturilor vulcanice fierbinţi din adâncurile Pacificului. O întreagă biochimie alternativă se desfăşoară în bacteriile ce folosesc căldura supapelor vulcanice şi care metabolizează sulful în locul oxigenului. Comunitatea animalelor mai mari depinde în ultimă instanţă de aceste bacterii sulfuroase,

aşa cum viaţa obişnuită depinde de plantele verzi care captează energia de la soare.

Animalele din comunitatea sulfuroasă sunt toate rude ale unora mai obişnuite, întâlnite în alte părţi. Cum au evoluat ele şi prin intermediul căror stadii de tranziţie? Ei bine, conţinutul modului de argumentaţie va fi exact acelaşi. Tot ceea ce ne trebuie pentru explicaţie este un gradient natural, iar gradienţii abundă pe măsură ce coborâm în mare. O mie de atmosfere este o presiune înspăimântătoare, dar este numai cu puţin mai mare decât 999 atmosfere, care este numai cu puţin mai mare decât presiunea de 998 de atmosfere şi tot aşa mai departe. Fundul mării oferă gradienţi ai adâncimii de la 0 picioare, prin toate valorile intermediare, până la 33 000 de picioare. Presiunile variază continuu de la o atmosferă la 1 000 atmosfere. Intensitatea luminii variază continuu de la strălucitoarea lumină a zilei, aproape de suprafaţă, până la întunericul absolut al abisurilor, întrerupt doar de rarele aglomerări ale bacteriilor luminiscente din organele luminoase ale peştilor. Nu există treceri bruşte. Pentru fiecare nivel de presiune şi luminozitate va exista un anumit tip de animal deja adaptat, doar cu puţin diferit de animalele existente, care poate supravieţui la o adâncime cu un stânjen mai mare şi la o luminozitate cu un lumen mai mică. Pentru fiecare... dar acest capitol este mai mult decât suficient. Cunoşti metodele mele, Watson. Aplică-le.

CAPITOLUL **4**

Funcţia utilitară a divinităţii

Corespondentul meu clerical din capitolul precedent a descoperit credinţa cu ajutorul unei viespi. Charles Darwin a pierdut-o pe a lui cu ajutorul alteia: „Nu mă pot convinge singur”, scria Darwin, „că un Dumnezeu binevoitor şi omnipotent ar fi fost cel care a creat în mod intenţionat *Ichneumonidele* cu scopul vădit al hrănirii lor în trupuri vii de omizi.” De fapt, pierderea treptată a credinţei, pe care Darwin o ascundea de teamă să nu o tulbure pe pioasa Emma, soţia sa, avea mai multe cauze. Referirea lui la *Ichneumonidae* era un aforism. Obiceiurile macabre la care se referă sunt împărtăşite şi de verişoarele lor, viespile săpătoare, pe care le-am întâlnit în capitolul precedent. O femelă de viespe săpătoare nu numai că-şi depune ouăle în omidă (sau lăcuste, sau albine) astfel încât larva ei să se poată hrăni, dar, conform lui Fabre şi altor autori, ea îşi orientează cu grijă înţepătura în fiecare ganglion al sistemului nervos central al prăzii de aşa manieră încât să o paralizeze, *dar nu să o omoare.* În felul acesta hrana se menţine proaspătă. Nu se ştie dacă rostul paraliziei este anestezia generală sau, ca în cazul curarei, imobilizarea victimei. Cel din urmă caz presupune că prada ştie că este mâncată de vie, dar este incapabilă să reacţioneze. Pare ceva de o cruzime sălbatică, dar aşa cum vom vedea, natura nu este crudă, numai nemilos de indiferentă. Aceasta este una dintre lecţiile cele mai greu de învăţat pentru om. Nu putem să admitem că lucrurile nu ar putea fi

nici bune nici rele, nici crude nici blânde, ci pur şi simplu nemiloase – indiferente la orice suferinţă şi lipsite de orice intenţie.

Noi oamenii avem tot timpul în minte un scop. Ne este greu să privim ceva fără să ne întrebăm la ce „foloseşte”, ce motiv are să fie aşa, ce intenţii se ascund în spatele său. Când obsesia legată de intenţii devine patologică, ea este numită paranoia – interpretarea drept intenţii rău voitoare a ceva ce este de fapt ghinion întâmplător. Dar este numai o formă exagerată a unei amăgiri aproape universale. Arătaţi-ne aproape orice obiect său proces şi ne va fi greu să rezistăm întrebării „de ce?”, întrebării „la ce foloseşte?”.

Dorinţa de a vedea peste tot intenţia este una firească pentru un animal care trăieşte înconjurat de maşini, opere de artă, unelte şi alte produse artificiale elaborate; mai mult, un animal ale cărui preocupări sunt dominate de propriile ambiţii. Un automobil, un deschizător de conserve, o furcă sau o şurubelniţă justifică din plin întrebarea „la ce foloseşte?”. Strămoşii noştri necredincioşi puneau aceleaşi întrebări despre furtună, eclipse, stânci sau şuvoaiele torenţilor. Astăzi ne mândrim că ne-am scuturat de un asemenea animism primitiv. Dacă în cursul traversării unui torent se întâmpla ca o piatră să fie tocmai bună să ne punem piciorul pe ea, noi privim această utilitate ca pe o bonificaţie întâmplătoare, nu ca pe o intenţie reală. Dar vechea tentaţie revine cu vârf şi îndesat când ne loveşte o tragedie – de fapt, însuşi cuvântul „loveşte” are un ecou animist: „de ce, vai, de ce a trebuit ca uraganul, cutremurul, cancerul să-l lovească tocmai pe copilul *meu*?”. Şi aceeaşi ispită este adeseori încercată când subiectul în discuţie este originea lumii sau legile fundamentale ale fizicii, culminând cu superflua întrebare existenţială: „de ce există totuşi ceva, mai degrabă decât nimic?”

Nu mai ştiu de câte ori un membru al auditoriului s-a ridicat după o conferinţă pe care am ţinut-o şi a spus cam aşa ceva: „Voi savanţii sunteţi tare pricepuţi să răspundeţi la întrebările «cum». Dar trebuie să recunoaşteţi că sunteţi neputincioşi în faţa unui «de ce».” Prinţul Philip, duce de

Edinburgh, a procedat la fel când s-a aflat în auditoriul colegului meu, dr. Peter Atkins, cu prilejul unei conferinţe ţinute la Windsor. În spatele acestei întrebări se află întotdeauna un dedesubt nemărturisit, dar niciodată justificat: deoarece ştiinţa este incapabilă să răspundă întrebărilor „de ce”, trebuie să existe o altă disciplină calificată să răspundă. Desigur acest dedesubt este în întregime ilogic.

Mă tem că dr. Atkins a condamnat cum se cuvine acest „de ce” regal. O întrebare, prin simplul fapt că o poţi adresa, nu devine neapărat legitimă. Există numeroase lucruri despre care vă puteţi întreba „care este temperatura lui?” sau „ce culoare are?”, dar dumneavoastră nu puteţi adresa întrebarea despre culoarea sau întrebarea despre temperatură, să zicem, a geloziei sau a rugăciunii. În mod similar, dumneavoastră sunteţi îndreptăţiţi să puneţi întrebarea „de ce” în legătură cu apărătoarele de noroi ale bicicletei sau Kariba Dam, în nici un caz nu aveţi nici un drept să *presupuneţi* că întrebarea „de ce” merită un răspuns când este pusă despre un bolovan, o calamitate, muntele Everest sau Universul. Întrebările pot fi pur şi simplu nepotrivite, chiar dacă sunt de bună credinţă.

Undeva printre ştergătoarele de parbriz şi deschizătoarele de conserve, pe de o parte, şi stânci şi univers, pe de alta, se află fiinţele vii. Corpurile vii şi organele lor sunt obiecte care, spre deosebire de roci, par să fie impregnate de intenţie. Este notorie, desigur, aparenta intenţionalitate a lumii vii care a dominat celebrul argument al Creaţiei, invocat de teologi de la Aquino la William Paley şi în continuare până la creaţionişti „ştiinţifici” actuali.

Adevăratul progres care a înzestrat aripile şi ochii, ciocurile şi instinctele de cuibărit sau orice altceva în legătură cu viaţa, cu puternica iluzie a unei creaţii intenţionate, este astăzi bine cunoscut. E vorba de selecţia naturală darwinistă. Înţelegerea acesteia s-a produs surprinzător de târziu, în ultimii o sută cincizeci de ani.

Înainte de Darwin, chiar persoanele instruite care abandonaseră întrebările „de ce” în legătură cu eclipse, roci sau curenţi mai acceptau implicit legitimitatea întrebării „de ce” în privinţa fiinţelor vii. Astăzi o mai fac numai analfabeţii cu diplomă. Dar „numai” ascunde dezagreabilul adevăr că mai vorbim încă de o majoritate absolută.

De fapt, adepţii darwinismului formulează un fel de întrebare „de ce” despre fiinţele vii, dar o fac într-un sens special, metaforic. De ce cânta păsările şi la ce servesc aripile? Astfel de întrebări ar putea fi acceptate ca formulări concise de către darwiniştii actuali şi s-ar putea da răspunsuri raţionale în termenii unei selecţii naturale a strămoşilor păsărilor. Iluzia unei intenţii este atât de puternică încât înşişi biologii utilizează presupunerea unui bun plan de organizare ca pe un instrument de lucru. Aşa cum am văzut în primul capitol, cu mult înainte că lucrările asupra dansului albinelor să facă şcoală, Karl von Frisch a descoperit, în ciuda opiniei curente la acea dată, că unele insecte au o adevărată vedere în culori. Experimentele sale ingenioase au fost stimulate de simplă constatare a faptului că florile polenizate de insecte îşi dau osteneala să producă pigmenţi coloraţi. De ce ar face asta dacă albinele nu disting culorile? Metafora intenţiei – mai precis presupunerea că este implicată selecţia darwinistă – a fost folosită aici pentru a face un raţionament foarte solid despre lume. Ar fi complet greşit pentru von Frisch dacă ar fi spus: „Florile sunt colorate, deci albinele trebuie să vadă culorile.” Dar era mai corect să spună, aşa cum de altfel a şi spus: „Florile sunt colorate, prin urmare cel puţin merită osteneala să muncesc din greu la câteva noi experimente care să verifice ipoteza că albinele pot să vadă în culori.” Ceea ce a descoperit când a examinat subiectul în detaliu a fost că albinele, într-adevăr, văd în culori, dar spectrul pe care-l văd e diferit de cel perceput de om. Ele nu pot vedea lumina roşie (ar trebui să se numească „infragalben” ceea ce noi numim roşu). Dar ele pot vedea în regiunea undelor de lungime mai scurtă pe care o numim ultraviolet, şi ele

văd ultravioletul ca pe o culoare distinctă, numită uneori „purpuriu de albină”.

Când şi-a dat seama că albinele văd în regiunea ultravioletă a spectrului, von Frisch a făcut din nou câteva raţionamente folosindu-se de metafora intenţiei. La ce le-ar servi albinelor, s-a întrebat el, văzul lor în ultraviolet? Gândurile sale s-au întors din nou la flori. Deşi noi nu putem vedea lumina ultravioletă, putem face un film fotografic care este sensibil la ea, şi putem face filtre care sunt transparente pentru lumina ultravioletă, dar opresc „lumină vizibilă”. Acţionând conform supoziţiei sale, von Frisch a fotografiat câteva flori în ultraviolet. Spre marea sa satisfacţie, a văzut modelele unor dungi şi pete pe care nici un ochi omenesc nu le mai văzuse vreodată. Florile, care pentru noi par albe sau galbene, sunt de fapt decorate cu desene ultraviolet, care adesea servesc ca balize luminoase pentru a dirija albinele spre nectar. Presupunerea unui *scop* aparent a mai fost confirmată o dată: florile, dacă ar fi bine proiectate, ar exploata faptul că albinele pot vedea în regiunea ultraviolet.

Când era deja bătrân, lucrarea cea mai renumită a lui von Frisch – despre dânsul albinelor, pe care am discutat-o în precedentul capitol – a fost contestată de un biolog american pe nume Adrian Wenner. Din fericire, von Frisch a trăit suficient pentru a-şi vedea opera reabilitată de un alt american, James L. Gould, astăzi la Princeton, într-unul dintre cele mai strălucite experimente concepute vreodată în întreaga biologie. Vă voi spune povestea pe scurt, deoarece este relevantă pentru punctul meu de vedere referitor la forţa presupunerii „ca şi cum ar fi intenţionat”.

Wenner şi colaboratorii săi nu au negat faptul că dansul există. Şi nici măcar faptul că el conţine toate informaţiile la care se referea von Frisch. Ceea ce au negat ei este că celelalte albine descifrează dansul. Da, e adevărat, spune Wenner, că direcţia liniei drepte a dansului unduitor în raport cu verticala se află în relaţie cu direcţia sursei de hrană în raport cu soarele. Dar, în nici un caz, celelalte albine nu obţin această informaţie prin intermediul

dansului. Desigur, e adevărat că frecvenţa diferitelor elemente ale dansului poate fi interpretată ca informaţie referitoare la distanţa până la sursa de hrană. Dar nu există nici o dovadă sigură că celelalte albine descifrează informaţia. Ele ar putea-o ignora. Dovada lui von Frisch, au spus scepticii, prezintă o lacună, şi, când au reluat experimentele acestuia cu propriile lor „verificări" exacte (adică, luând în considerare şi alte mijloace prin care albinele ar putea descoperi hrana), rezultatele nu au mai putut susţine ipoteza lui von Frisch despre limbajul dansului albinelor.

În acest moment şi-a făcut apariţia Jim Gould cu experienţele sale absolut ingenioase. Gould s-a folosit de un amănunt bine cunoscut în legătură cu albinele, pe care vi-l amintiţi din capitolul anterior. Deşi în mod obişnuit albinele dansează în întuneric utilizând direcţia liniei drepte a dansului în planul vertical ca un semn codificat al direcţiei soarelui într-un plan orizontal, ele ar putea, aparent fără efort, să folosească o cale şi mai veche pentru a face acest lucru, dacă introduceţi o lumină în interiorul stupului. Ele uită atunci totul despre gravitaţie şi folosesc becul ca pe propriul semn-soare, care le permite să determine direct unghiul dansului. Din fericire, nici o perturbare nu apare când dansatoarea trece de la orientarea în câmp gravitaţional la orientarea după lumina becului. Celelalte albine, „descifrând" dansul, îşi modifică şi ele comportamentul în acelaşi fel, astfel încât dansul păstrează acelaşi înţeles: celelalte albine se îndreaptă în căutarea hranei în direcţia arătată de dansatoare.

Şi acum lovitura de maestru a lui Jim Gould. El a acoperit ochii albinei dansatoare cu şerlac, în felul acesta ea nu mai putea vedea lumina becului. Prin urmare, ea a dansat folosind convenţia normală a gravitaţiei. Dar celelalte albine care urmăreau dansul acesteia puteau vedea lumina becului. Ele au interpretat dansul ca şi cum convenţia gravitaţiei ar fi fost anulată şi înlocuită cu convenţia becului „soare". Cele care au urmărit dânsul au măsurat unghiul acestuia în raport cu lumina, în timp ce dansatoarea îl alinia

în raport cu gravitaţia. Practic, Gould a silit-o să mintă în privinţa direcţiei sursei de hrană. Şi nu în general, ci într-o direcţie pe care Gould o putea manevra cu precizie. Fireşte că nu a experimentat cu o singură albină, ci cu un număr statistic asigurat şi cu multe unghiuri diferite. Şi experimentele au reuşit. Ipoteza originală a lui von Frisch cu privire la limbajul dansului a fost susţinută magistral.

Nu v-am spus această poveste pentru amuzament. Am vrut să accentuez aspectele pozitive sau negative ale presupunerii unui plan bun. Când am citit pentru prima oară lucrările sceptice ale lui Wenner şi ale colaboratorilor săi, le-am luat în derâdere. Şi nu a fost bine, chiar dacă în cele din urmă Wenner a greşit. Îndoiala mea se baza în întregime pe presupunerea unui „plan bun”. Wenner nu nega, în cele din urmă, că dansul avea loc, nici că nu ar fi cuprins toate informaţiile despre distanţa şi direcţia hranei susţinute de von Frisch. Wenner nega doar faptul că celelalte albine interpretează aceste informaţii. Şi asta a fost prea greu de digerat pentru mine şi alţi biologi darwinişti. Dansul era atât de complicat, atât de elaborat, atât de bine acordat cu scopul lui vădit de a informa celelalte albine asupra direcţiei şi distanţei până la hrană. Acest acord fin nu putea să se fi realizat, în concepţia noastră, decât prin mijloacele selecţiei naturale. Într-un anumit fel, cădem în aceeaşi cursă ca şi creaţioniştii când contemplă minunile vieţii. Dansul trebuie să aibă pur şi simplu o utilitate, iar aceasta se referea probabil la orientarea albinei cercetaş pornită în căutarea hranei. De altfel, acele aspecte reale ale dansului erau atât de fin acordate – relaţia dintre unghi şi viteză cu direcţia şi distanţa până la sursa de hrană – încât trebuiau să reprezinte şi ceva util. Prin urmare, din punctul nostru de vedere, Wenner nu avea dreptate. Eram atât de încredinţat de aceasta încât, chiar dacă aş fi fost destul de inventiv ca să mă gândesc la experimentul lui Gould cu acoperirea ochilor (dar, în mod cert, nu sunt), nu mi-aş fi bătut capul să-l fac.

Gould nu numai că a fost suficient de inventiv ca să

conceapă experimentul, dar şi-a dat osteneala să-l pună în practică, pentru că nu era sedus de presupunerea unui plan bun. Totuşi, suntem pe un teren alunecos deoarece presupun că Gould – la fel ca şi Frisch înaintea lui, în cercetările sale despre culori – avea în minte premiza unui scop justificat pentru a crede că remarcabilele lui experimente au o şansă considerabilă de succes şi merită să cheltuiască timp şi eforturi cu ele.

Vreau să introduc acum doi termeni tehnici, „ingineria inversă" şi „funcţia de utilitate". În acest capitol am fost influenţat de superbă carte a lui Daniel Dennett *Darwin's Dangerous Idea.* Ingineria inversă este o tehnică de raţionare care funcţionează în modul următor. Sunteţi un inginer confruntat cu un artefact pe care l-aţi găsit şi nu îl înţelegeţi. Porniţi de la premisa că a fost proiectat pentru un scop. Disecaţi şi analizaţi obiectul pentru a afla la rezolvarea căror probleme este util: „Dacă aş fi vrut să fac un dispozitiv care să facă cutare lucru l-aş fi făcut oare aşa? Acest obiect ar putea fi explicat ca un dispozitiv proiectat să facă cutare lucru?"

Rigla de calcul, până de curând un talisman al onorabilei profesiuni de inginer, este în epoca electronicii tot aşa de demodată ca şi orice relicvă din epoca bronzului. Un arheolog din viitor, care descoperă o riglă de calcul şi care este surprins de ea, ar putea să se gândească că este uşor de mânuit pentru trasat linii drepte sau pentru întins untul pe pâine. Dar, a presupune că oricare dintre acestea era scopul ei iniţial violează raţiunile economice. Un simplu netezitor sau un cuţit de întins untul pe pâine n-ar fi avut nevoie de o piesă glisantă în mijlocul lamei. De altfel, dacă examinaţi spaţierea graticulelor, descoperiţi gradaţii logaritmice precise, prea meticulos dispuse pentru a fi întâmplătoare. Şi acestui arheolog i-ar fi venit ideea că, în epoca de dinainte de calculatoare, acest model ar fi fost un şiretlic ingenios pentru împărţiri şi înmulţiri rapide. Misterul riglei de calcul ar fi rezolvat printr-o inginerie inversă folosind presupunerea unui plan eficient şi inteligent.

„Funcţia de utilitate" este un termen tehnic mai degrabă

economic decât ingineresc. Ea înseamnă „ceea ce este maximizat”. Planificatorii economici şi inginerii sociali se aseamănă mai degrabă cu arhitecţii şi inginerii adevăraţi în sensul că ei se străduiesc să maximizeze ceva. Utilitariştii se străduiesc să maximizeze „cea mai mare fericire pentru cel mai mare număr” (o frază care sună mai inteligent decât este de fapt). Sub această umbrelă, utilitaristul poate să acorde mai multă sau mai puţină prioritate stabilităţii pe termen lung în detrimentul fericirii pe termen scurt şi utilitariştii se deosebesc prin modul în care măsoară „fericirea”: satisfacţia profesională, realizările culturale sau relaţiile personale. Alţii maximizează direct propria lor fericire pe seama celei generale şi pot ridica egoismul la rangul de filozofie care stabileşte că fericirea generală va fi maximizată dacă fiecare are grijă de el însuşi. Prin observarea comportamentului indivizilor în decursul vieţii lor aţi putea să aplicaţi ingineria inversă funcţiilor lor de utilitate. Dacă abordaţi prin această tehnică comportamentul guvernului unei ţări, puteţi conchide că ceea ce este maximizat este gradul de ocupare al forţei de muncă şi bunăstarea generală. Pentru altă ţară, funcţia de utilitate se dovedeşte a fi menţinerea puterii preşedintelui, sau a sănătăţii unei anumite familii conducătoare, mărimii haremului sultanului, stabilităţii în Orientul Mijlociu sau menţinerii preţului petrolului. Esenţialul este că se pot imagina mai multe funcţii de utilitate, nu numai una. Şi întotdeauna este clar ce se străduiesc indivizii, sau companiile, sau guvernele să maximizeze. Dar se poate presupune, cu certitudine, că ele maximizează ceva. Aceasta probabil pentru că *Homo sapiens* este o specie profund orientată spre un scop. Principiul stă în picioare chiar dacă funcţia de utilitate se dovedeşte a fi o sumă ponderată sau vreo altă funcţie complicată a mai multor mărimi de intrare.

Să revenim la corpurile vii şi să încercăm să evidenţiem aspectele funcţiei lor de utilitate. Ar putea exista multe dar, revelator, va reieşi în cele din urmă că toate se reduc la una. Pentru scopul nostru putem să imaginăm un scenariu

în care fiinţele vii au fost create de un Inginer Divin şi să încercăm să înţelegem prin inginerie inversă ce a vrut Inginerul să maximizeze: care era funcţia de utilitate a Divinităţii?

Panterele ne oferă toate indiciile unor fiinţe superb proiectate pentru ceva, şi va fi destul de uşor să le aplicăm ingineria inversă şi să înţelegem funcţia lor de utilitate. Ele par a fi bine proiectate pentru a omorî antilope. Dinţii, colţii, ochii, nările, muşchii picioarelor, coloana vertebrală şi creierul unei pantere sunt exact ceea ce ne-am aştepta dacă scopul lui Dumnezeu în proiectarea panterelor a fost să aducă la cote maxime moartea printre antilope. În schimb, dacă vom aplica ingineria inversă unei antilope, vom găsi la fel de multe dovezi izbitoare ale unui proiect orientat în sens opus: supravieţuirea antilopelor şi înfometarea panterelor. Este ca şi cum panterele ar fi fost create de o zeitate, iar antilopele de o alta, rivală. Sau, dacă a existat numai un Creator care a făcut tigrul şi mielul, pantera şi gazelă, de-a ce se joacă El? Este El un sadic căruia îi place să fie spectatorul unor distracţii sângeroase? Încearcă El cumva să împiedice suprapopularea Africii cu mamifere? Sau El vrea să maximizeze estimările prezentate de David Attenborough la televiziune? Toate acestea sunt funcţii de utilitate clare care ar trebui să fie reale. De fapt, este sigur că ele sunt greşite. Noi înţelegem acum unica Funcţie de Utilitate a lumii vii în cele mai mici detalii, şi nu seamănă cu nimic din toate acestea.

Capitolul I l-a pregătit pe cititor pentru a înţelege adevărata funcţie de utilitate a vieţii: ceea ce este maximizat în lumea vie este supravieţuirea ADN-ului. ADN nu pluteşte liber; el se află zăvorât în corpurile vii şi trebuie să profite la maximum de pârghiile de putere de care dispune. Secvenţele ADN care se află în corpurile panterelor maximizează supravieţuirea lor determinând ca acele corpuri să omoare gazelele. Secvenţele care se află în trupurile gazelelor maximizează supravieţuirea acestora promovând scopuri opuse. Dar în ambele cazuri este maximizată supravieţuirea ADN-ului. În acest capitol

intenţionez să aplic ingineria inversă mai multor exemple practice şi să arăt că totul capătă sens de îndată ce presupunem că este maximizată supravieţuirea ADN-ului.

Raportul între sexe – proporţia masculilor faţă de femele – în populaţiile sălbatice este în mod obişnuit de 50:50. Aceasta pare să nu aibă o raţiune economică, în cazul numeroaselor specii în care o minoritate a masculilor are un monopol injust asupra femelelor: sistemul haremului. Într-o populaţie de elefanţi de mare, atent studiată, 4% dintre masculi realizează 88% din totalul împerecherilor. Nu are importanţă că în acest caz Funcţia de Utilitate a Celui-de-Sus pare atât de inechitabilă pentru majoritatea celibatarilor. Ceea ce este mai rău, o divinitate eficientă, econoamă, ar trebui să observe că cele 96% de frustraţi consumă jumătate din resursele de hrană ale populaţiei (de fapt, mai mult de jumătate, deoarece masculii adulţi sunt mult mai mari decât femelele). Excedentul de celibatari nu face nimic altceva decât să aştepte ocazia de a înlocui pe unul din cei 4% norocoşi stăpâni ai haremului. Cum poate fi justificată existenţa unei asemenea turme de burlaci inconştienţi? Orice funcţie de utilitate care ar acorda o cât de mică atenţie eficienţei economice a comunităţii s-ar dispensa de celibatari. În schimb, ar fi născuţi exact atâţia masculi câţi ar fi necesari pentru a fertiliza femelele. Această aparentă anomalie, repet, este explicată încă o dată cu o elegantă simplitate, de îndată ce dumneavoastră aţi înţeles adevărata Funcţie de Utilitate darwinistă: maximizarea supravieţuirii ADN-ului.

Voi detalia puţin exemplul raportului între sexe deoarece funcţia lui de utilitate se pretează într-un mod subtil la o abordare economică. Charles Darwin mărturisea nedumerit: „Mă gândeam mai de mult că, de vreme ce o tendinţă de a produce cele două sexe în număr egal a fost avantajoasă pentru specie, ea era rezultatul acţiunii selecţiei naturale, dar acum văd că întreaga problemă este atât de complicată, încât este mai sigur să lăsăm soluţia pentru viitor.” Aşa cum se întâmpla adeseori, celebrul Sir Ronald Fisher a întruchipat viitorul despre care vorbea Darwin.

Orice individ care a fost adus pe lume are doar o mamă şi un tată. Prin urmare, succesul reproductiv total, măsurat în descendenţii îndepărtaţi ai tuturor masculilor în viaţă, trebuie să egaleze pe cel al tuturor femelelor în viaţă. Nu vreau să spun al *fiecărui* mascul şi femelă, pentru că unii indivizi, este evident, şi important, au mai mult succes decât alţii. Vorbesc despre totalitatea masculilor comparată cu totalitatea femelelor. Toţi urmaşii trebuie împărţiţi între sexul masculin şi cel feminin – nu împărţiţi egal, dar împărţiţi. Prăjitura reproducerii care trebuie să fie împărţită între toţi masculii este egală cu prăjitura care trebuie să fie împărţită între toate femelele. Prin urmare, dacă într-o populaţie sunt mai mulţi masculi, să zicem, decât femele, felia medie a prăjiturii per mascul trebuie să fie mai mică decât felia medie a prăjiturii per femelă. Rezultă că succesul mediu reproductiv (adică numărul aşteptat de descendenţi) al unui mascul comparat cu succesul mediu reproductiv al unei femele este determinat numai de raportul masculi – femele. Un membru mediu al sexului minoritar are un succes reproductiv mai mare decât un membru mediu al sexului majoritar. Numai dacă raportul sexelor este egal şi nu există nici o minoritate, sexele se vor bucura de acelaşi succes reproductiv. Această concluzie remarcabil de simplă este o consecinţă a unui raţionament pur teoretic. Nu se bazează deloc pe fapte empirice, exceptând adevărul fundamental că toţi copiii au un tată şi o mamă.

Sexul este de obicei determinat în momentul concepţiei, deci putem presupune că un individ nu are puterea să şi-l determine (încă o dată circumlocuţiunea nu este rituală, ci necesară). Vom presupune, împreună cu Fisher, că un părinte ar putea să aibă puterea să determine sexul urmaşilor. Prin „putere”, desigur, nu înţelegem că o poate face în mod deliberat, conştient. Însă o mamă ar putea avea o predispoziţie genetică de a genera o secreţie vaginală uşor ostilă spermatozoizilor care produc fii, dar nu şi celor care produc fiice. Sau un tată ar putea avea o înclinaţie determinată genetic să formeze mai mulţi

spermatozoizi care produc fiice decât spermatozoizi care produc fii. Oricum s-ar întâmpla, imaginaţi-vă în postura unui părinte care încearcă să decidă dacă să aibă un băiat sau o fată. Repet, nu vorbim despre decizie conştientă, ci despre selecţia generaţiilor de gene care acţionează asupra trupurilor pentru a influenţa sexul descendenţilor lor.

Dacă aţi încerca să maximizaţi numărul nepoţilor dumneavoastră, ar fi oare mai bine să aveţi un fiu sau o fiică? Am văzut deja că ar fi mai bine să aveţi un copil al cărui sex, indiferent care, să fie în minoritatea din cadrul populaţiei. În acest fel, copilul dumneavoastră ar putea avea o participare relativ mare la activitatea reproductivă, şi dumneavoastră v-aţi putea aştepta la un număr relativ mare de nepoţi. Dacă nici unul dintre sexe nu este predominant – dacă, cu alte cuvinte, raportul dintre sexe este deja 50:50 – nu aveţi nici un avantaj preferind unul sau altul dintre sexe. Nu are nici o importanţă dacă veţi avea un băiat sau o fată. Un raport al sexelor de 50:50 este prin urmare considerat ca stabil evolutiv, pentru a utiliza termenul introdus de marele evoluţionist englez John Maynard Smith. Numai dacă raportul existent dintre sexe este diferit de 50:50 merită să faceţi o opţiune în alegerea dumneavoastră. Cât despre întrebarea de ce indivizii trebuie să încerce să maximizeze nepoţii lor şi descendenţii ulteriori, nici nu mai este nevoie să ne-o punem. Genele care determină indivizii să maximizeze descendenţii lor sunt genele pe care ne aşteptăm să le vedem în lumea vie. Animalele pe care le cercetăm moştenesc genele strămoşilor lor încununaţi de succes.

Este tentant să exprimăm teoria lui Fisher spunând că 50:50 este raportul „optimum” între sexe, dar este absolut incorect. Sexul optim preferat pentru un copil este mascul dacă masculii sunt în minoritate, feminin dacă femelele sunt în minoritate. Dacă nici unul dintre sexe nu este în minoritate, nu există optimum: părintelui bine intenţionat îi este absolut indiferent dacă se va naşte un fiu sau o fiică. Se spune că 50:50 este raportul între sexe stabil evolutiv, deoarece selecţia naturală nu favorizează nici o tendinţă de

abatere de la el, iar dacă ar exista o abatere de la el selecţia naturală favorizează o tendinţă de restabilire a echilibrului.

În plus, Fisher a înţeles că selecţia naturală nu menţine absolut constant numărul masculilor şi femelelor la 50:50, ci ceea ce el a numit „cheltuiala parentală” pentru fii şi fiice. Cheltuiala parentală reprezintă toată hrana câştigată cu greu şi îndesată în gura copilului; şi tot timpul şi energia cheltuite pentru îngrijirea lui, care ar fi putut fi folosite în alt mod, de pildă pentru a avea grijă de alt copil. Să presupunem, de exemplu, că părinţii aparţinând unei anumite specii de foci cheltuiesc în mod obişnuit de două ori mai mult timp şi energie pentru a creşte un pui mascul decât pentru a creşte o femelă. Masculii focilor sunt atât de mari, comparativ cu femelele, încât este uşor de crezut (aprecierea s-ar putea să nu corespundă realităţii) că lucrurile s-ar petrece astfel. Gândiţi-vă ce ar însemna asta. Adevărata posibilitate de alegere oferită părintelui nu este: „ar fi mai bine să am un băiat sau o fată?”, ci „ar fi mai bine să am un băiat sau *două* fete?” Şi asta pentru că, cu hrană şi alte bunuri necesare creşterii unui fiu, dumneavoastră aţi putea creşte două fiice. Raportul între sexe stabil evolutiv, măsurat în numărul corpurilor, ar fi de două femele pentru fiecare mascul. Dar, *măsurat în suma cheltuielii parentale* (spre deosebire de numărul indivizilor) raportul între sexe stabil evolutiv este tot 50:50. În teoria lui Fisher, cheltuielile celor două sexe se echilibrează. Aceasta, aşa cum se întâmpla adesea, devine sinonim cu echilibrarea numerică a celor două sexe.

Chiar şi la foci, aşa cum am spus, se pare că, în privinţa sumei cheltuielii parentale, între fii şi fiice nu apar mari deosebiri. Diferenţa mare în greutate pare să apară după consumarea cheltuielii parentale. Deci întrebarea pe care şi-o pune un părinte este totuşi: „Ar fi mai bine să am o fiică sau un fiu?” Chiar dacă costul total al creşterii unui fiu până la maturitate poate să fie mult mai mare decât costul total al creşterii unei fiice, dacă costul suplimentar nu este suportat de către cel care ia decizia (părintele), acesta este

lucrul cel mai important, conform teoriei lui Fisher.

Regula lui Fisher referitoare la echilibrarea cheltuielii se aplică totuşi şi în cazurile în care rata mortalităţii unui sex este mai mare decât a celuilalt sex. Să presupunem, de exemplu, că probabilitatea de a muri este mai mare la puii de sex masculin decât la puii de sex feminin. Dacă în momentul concepţiei raportul între sexe este exact de 50:50, masculii care ajung la maturitate vor fi depăşiţi numeric de femele. Ei sunt aşadar sexul în minoritate şi ne-am aştepta în mod cu totul naiv că selecţia naturală să favorizeze părinţii care se specializează în fii. Şi Fisher, de asemenea, se aştepta la acelaşi lucru, dar numai până la un punct – şi un punct delimitat precis. El nu se aştepta ca părinţii să conceapă exact acel surplus de fii care să compenseze mortalitatea infantilă mai mare, conducând la egalitate în populaţia care se reproduce. Nu, raportul între sexe în momentul concepţiei trebuie să fie într-un anumit fel înclinat spre sexul masculin, dar numai până în acel punct în care cheltuiala totală pentru fii se aşteaptă să egaleze cheltuiala totală pentru fiice.

Repet încă o dată, cel mai simplu mod de a înţelege acest lucru este să vă puneţi dumneavoastră înşivă în postura părintelui care trebuie să decidă şi să vă întrebaţi: „Ar fi mai bine să am o fată care probabil va supravieţui, sau un băiat, care poate muri în copilărie?” Decizia de a obţine nepoţi cu ajutorul băieţilor atrage după sine o probabilitate de a cheltui resurse suplimentare pentru câţiva băieţi în plus pentru a-i înlocui pe cei care mor. Trebuie să vă gândiţi la fiecare fiu supravieţuitor ca şi cum poartă în spate umbrele fraţilor săi morţi. Îi poartă în spate în sensul că decizia de a urma calea fiilor către nepoţi îl determină pe părinte să irosească cheltuiala – cheltuiala care va fi pierdută cu copii de sex masculin morţi. Regula de bază a lui Fisher funcţionează şi încă din plin. Cantitatea totală de energie şi bunuri investite în băieţi (inclusiv hrănirea lor până în momentul în care vor muri) va egala cantitatea totală investită în fiice.

Ce s-ar întâmpla dacă, în locul mortalităţii infantile mai

mări a masculilor, ar exista o mortalitate mai mare a masculilor după ce s-a făcut cheltuiala parentală? De fapt, aşa se va întâmpla adesea, deoarece masculii adulţi, de multe ori, se luptă rănindu-se reciproc. Acest fapt, de asemenea, va determina un surplus de femele în populaţia care se reproduce. S-ar părea deci că vor fi favorizaţi părinţii care sunt specializaţi în fii, în felul acesta se profită de raritatea masculilor în populaţia care se reproduce. Gândiţi-vă mai bine însă şi veţi înţelege că raţionamentul este şubred. Părintele se confruntă cu întrebarea următoare: „Ar fi mai bine să am un fiu, care va fi probabil ucis într-o luptă după ce l-am crescut, dar care, dacă supravieţuieşte, îmi va oferi un surplus de nepoţi? Sau să am o fiică – şi este aproape sigur că îmi va aduce un număr mediu de nepoţi?" Numărul nepoţilor la care dumneavoastră vă puteţi aştepta prin intermediul unui fiu este totuşi acelaşi cu numărul mediu de nepoţi la care dumneavoastră vă puteţi aştepta prin intermediul unei fiice. Şi costul creşterii unui fiu este totuşi costul hrănirii şi protejării lui până în momentul în care va părăsi cuibul părintesc. Faptul că este probabil să fie omorât imediat ce părăseşte cuibul nu schimbă calculul.

În tot raţionamentul său, Fisher presupune că „autorul deciziei" este părintele. Calculul s-ar schimba dacă ar fi altcineva. Să presupunem, de exemplu, că un individ ar putea influenţa propriul sex. Repet încă o dată, nu mă refer la o influenţă conştientă, intenţionată, ci emit ipoteza genelor care schimbă calea dezvoltării unui individ orientându-l spre mascul sau femelă, în funcţie de dispoziţiile care provin din mediul înconjurător. Conform înţelegerii noastre, pentru concizie voi folosi sintagma alegerea deliberată de către un individ – în acest caz, alegerea deliberată a propriului nostru sex. Dacă animalele de harem ca elefanţii de mare ar fi înzestrate cu posibilitatea de a alege liber, efectul ar fi dramatic. Indivizii ar aspira să fie stăpâni de harem, dar dacă nu ar face rost de nici unul, ar prefera mai degrabă să fie femele decât masculi celibatari. Raportul între sexe s-ar înclina puternic

spre sexul feminin. Din păcate, elefanţii de mare nu pot reveni asupra sexului pe care l-au primit la concepţie, dar unele specii de peşti o pot face. Masculii unor peşti buzaţi cu capul albastru sunt mari, viu coloraţi şi stăpânesc haremuri de femele cu un colorit şters, monoton. Unele femele sunt mai mari decât altele şi formează o ierarhie dominantă. Dacă moare un mascul, locul său este rapid ocupat de cea mai mare femelă, care se transformă curând într-un mascul viu colorat. Aceşti peşti dobândesc tot ce este mai bun în ambele forme de existenţă. În loc să-şi irosească vieţile lor ca masculi celibatari aşteptând moartea stăpânului de harem, ei îşi petrec timpul de aşteptare ca femele reproducătoare. Sistemul raportului între sexe al peştilor buzaţi cu capul albastru este unul rar, în care Funcţia de Utilitate a Divinităţii coincide cu ceva ce un socio-economist ar considera ca prudent.

Deci, până acum am considerat ca autori ai deciziei atât pe părinte cât şi pe noi înşine. Cine altcineva ar mai putea fi autorul deciziei? În cazul insectelor sociale, deciziile importante sunt luate, în cea mai mare parte, de lucrătoarele sterile, care în mod normal sunt surorile mai mari (şi de asemenea fraţii, în cazul termitelor) ale tineretului care se creşte. Printre cele mai bine cunoscute insecte sociale se numără albinele. Dintre cititorii mei, apicultorii şi-au dat deja seama că raportul dintre sexe într-un stup nu pare să se conformeze evaluărilor lui Fisher. Primul lucru remarcat este că lucrătoarele nu ar trebui inventariate ca femele. Ele sunt femele ca atribuţii, dar nu se reproduc, astfel încât raportul între sexe, conform teoriei lui Fisher, este raportul trântori (masculi) – noile regine separate de stup. În cazul albinelor şi furnicilor există anumite motive tehnice, pe care le-am discutat în cartea *The Selfish Gene* şi nu aş vrea să le mai repet aici, pentru că raportul anticipat dintre sexe să fie 3:1 în favoarea femelelor. Departe de aceasta, după cum ştie orice apicultor, raportul real între sexe este puternic deplasat în favoarea masculilor. Un stup prosper poate produce o jumătate de duzină de regine noi în timpul unui sezon, dar

sute sau chiar mii de trântori.

Ce se petrece aici? Aşa cum se întâmpla adeseori în teoria modernă a evoluţiei, datorăm răspunsul lui W. D. Hamilton, acum la Universitatea din Oxford. El este revelator şi rezumă întreaga teorie referitoare la raportul dintre sexe inspirată de Fisher. Cheia la enigma raportului dintre sexe la albine rezidă în remarcabilul fenomen al roirii. Un stup de albine este, în numeroase privinţe, asemănător unui singur individ. El se dezvoltă până la maturitate, se reproduce şi, în cele din urmă, moare. Produsul reproducerii este un roi. În miezul verii, când un stup este într-adevăr înfloritor, expulzează o colonie-fiică – un roi. Pentru un stup, producerea roiului este echivalentul reproducerii. Dacă stupul este o fabrică, roiurile constituie produsul final, purtând cu ele preţioasele gene ale coloniei. Un roi este compus dintr-o regină şi câteva mii de lucrătoare. Toate părăsesc stupul-părinte împreună şi se adună ca un ciorchine dens, care atârna de vreo ramură sau de vreo stâncă. Acesta va fi spaţiul lor de adăpost temporar în timp ce prospectează în căutarea unei reşedinţe permanente. În câteva zile ele vor găsi o peşteră sau o scorbură (sau, mai obişnuit în prezent, sunt capturate de vreun apicultor, poate cel care le-a fost stăpânul iniţial, şi introduse într-un nou stup).

Producerea roiurilor-fiice este îndatorirea oricărui stup prosper. Prima etapă în realizarea acestui proces este producerea unei noi regine. În mod obişnuit se produc circa o jumătate de duzină dintre care doar una este menită să trăiască. Prima care iese din ou le înţeapă pe celelalte omorându-le. (Probabil surplusul de regine există numai ca o asigurare.) Reginele sunt genetic interschimbabile cu lucrătoarele, dar ele sunt crescute în cămăruţe speciale pentru regine care atârna sub fagure şi primesc o hrană specială, bogată, corespunzătoare unei regine. Această dietă include lăptişor de matcă, substanţă căreia romanciera Barbara Cartland îi atribuie, plină de romantism, îndelungata sa viaţă şi ţinuta regală. Albinele lucrătoare sunt crescute în cămăruţe mai mici, aceleaşi

care vor fi utilizate ulterior pentru păstrarea mierii. Trântorii sunt genetic diferiţi. Ei provin din ouă nefertilizate. Remarcabil este faptul că de regină depinde dacă un ou se preschimbă într-un trântor sau într-o femelă (regină/lucrătoare). O albină-regină se împerechează numai în cursul unui singur zbor nupţial, la începutul vieţii sale de adult, şi ea depozitează sperma pentru tot restul vieţii ei în corp. În timp ce fiecare ou trece prin oviduct, ea poate sau nu să elibereze o mică picătură de spermă din depozitul său pentru a-l fertiliza. Regină este, prin urmare, cea care controlează raportul sexelor la nivelul ouălor. După aceea, lucrătoarele par a avea totuşi întreaga putere, deoarece ele administrează aprovizionarea cu hrană. Ele pot, de exemplu, să omoare prin înfometare larvele mascule dacă regina produce prea multe (din punctul lor de vedere) ouă din care ies masculi. În orice caz, lucrătoarele controlează dacă un ou de femelă se preschimbă într-o lucrătoare sau o regină, deoarece aceasta depinde de condiţiile de creştere, în special de alimentaţie.

Acum să revenim la problema raportului dintre sexe şi să cercetăm deciziile cu care sunt confruntate lucrătoarele. Aşa cum am văzut, spre deosebire de regină, ele nu au de ales dacă să producă fii sau fiice şi dacă să producă fraţi (trântori) sau surori (tinere regine). Şi acum să revenim la enigma noastră. Cât priveşte raportul real dintre sexe, se pare că este înclinat în favoarea masculilor, ceea ce, din punctul de vedere al lui Fisher, nu are nici un sens. Să cercetăm şi mai atent deciziile cu care se confruntă lucrătoarele. Spunem că a fost o alegere între fraţi şi surori. Dar aşteptaţi o clipă. Decizia de a creşte un frate înseamnă într-adevăr numai atât: angajarea stupului cu orice cantitate de hrană sau alte resurse cerute pentru a îngriji o albină-trântor. Dar decizia de a creşte o nouă regină angajează stupul cu mult mai mult decât numai resursele necesare hrănirii unui singur trup regesc. Decizia de a creşte o nouă regină este echivalentă cu o obligaţie de a pune bazele unui roi. Adevăratul cost al unei noi regine include într-o mică măsură o cantitate neînsemnată de

lăptişor de matcă şi altă hrană pe care o va consuma. În cea mai mare parte el constă în întreţinerea tuturor miilor de lucrătoare care vor fi pierdute pentru stup la plecarea roiului.

Aceasta este, aproape sigur, explicaţia pentru înclinarea, aparent anormală, a raportului între sexe în favoarea masculilor. Conform regulei lui Fisher, cantitatea de cheltuială pentru masculi şi femele trebuie să fie egală, nu numărul indivizilor, masculi şi femele, recenzaţi. Cheltuiala pentru o nouă regină atrage după sine o cheltuială uriaşă pentru lucrătoare care, altfel, nu ar fi pierdută pentru stup. Situaţia este similară cu cea existentă în populaţia ipotetică de foci, în care creşterea unui sex costa de două ori mai mult decât a celuilalt, cu rezultatul că acel sex este pe jumătate mai numeros. În cazul albinelor, o regină costă de sute sau chiar mii de ori mai mult decât un trântor, deoarece existenţa ei antrenează costul întreţinerii tuturor lucrătoarelor necesare în plus pentru roi. De aceea, reginele sunt de sute de ori mai puţin numeroase decât trântorii. Aici ar mai fi de adăugat ceva interesant: când un roi părăseşte stupul, în chip cu totul ciudat el conţine *vechea* regină, nu pe cea nouă. Cu toate acestea, economia este aceeaşi. Decizia de a produce o nouă regină mai atrage după sine cheltuiala roiului necesar pentru a escorta vechea regină la noua ei reşedinţă.

În încheierea discuţiei noastre despre raportul între sexe, revenim la enigma cu haremul cu care am început: acea reglementare risipitoare prin care o turmă mare de masculi burlaci consumă aproape jumătate (dacă nu cumva mai mult) din resursele de hrană ale populaţiei, dar niciodată nu se reproduc şi nici nu fac ceva folositor. În mod evident, aici bunăstarea economică a populaţiei nu este maximizată. Ce se întâmpla? Repet, din nou, puneţi-vă dumneavoastră în postura celui care ia decizia – să zicem, o mamă care încearcă să „decidă” dacă e mai bine să aibă un fiu sau o fiică în scopul maximizării numărului de nepoţi. Decizia pare la o primă apreciere naivă, simplă: „să am un fiu care va rămâne probabil holtei, fără să-mi dea nici un nepot, sau

o fată, care probabil va sfârşi într-un harem şi-mi va oferi un număr respectabil de nepoţi?" Replica potrivită pentru acest potenţial părinte este: „dar dacă ai un fiu, el *poate* ar ajunge să aibă un harem, şi o să-ţi dea mai mulţi nepoţi decât ai sperat vreodată să ai printr-o fiică?" Să presupunem, pentru simplificare, că toate femelele se reproduc cu o rată medie şi că nouă masculi din zece nu se reproduc niciodată, în timp ce unul din zece monopolizează femelele. Dacă dumneavoastră aveţi o fată, puteţi conta pe un număr mediu de nepoţi. Dar dacă aveţi un fiu, sunt 90% şanse de a nu avea nici un nepot şi 10% de a avea de zece ori mai mult decât numărul mediu de nepoţi. Numărul mediu de nepoţi la care vă puteţi aştepta prin fiii dumneavoastră este acelaşi cu numărul mediu la care vă puteţi aştepta prin fiicele dumneavoastră. Selecţia naturală favorizează deci un raport al sexelor de 50:50, chiar dacă raţiunea economică la nivelul speciei reclamă un surplus de femele. Regula lui Fisher rămâne încă valabilă.

Am folosit în toate aceste raţionamente termenul „decizii" ale indivizilor aparţinând regnului animal, dar repet, aceasta este doar o formulare prescurtată. Ceea ce se întâmpla de fapt este că genele „pentru" maximizarea numărului de nepoţi devin tot mai numeroase în genofond. Viaţa devine tot mai plină de gene care s-au transmis cu succes de-a lungul generaţiilor. Cum ar putea o genă să se transmită cu succes în timp, altfel decât influenţând deciziile indivizilor, aşa încât să maximizeze numărul lor de descendenţi? Teoria lui Fisher despre raportul între sexe ne spune cum ar trebui făcută această maximizare şi este foarte diferită de maximizarea bunăstării economice a speciilor sau populaţiilor. Există şi aici o funcţie de utilitate, dar se deosebeşte foarte mult de funcţia de utilitate la care s-ar gândi economiştii.

Risipirea resurselor economice ale haremului poate fi rezumată astfel: masculii, în loc să se dedice unor activităţi folositoare, îşi irosesc energia şi puterile în lupte inutile între ei. Asta este adevărat, chiar dacă definim termenul de „folositor" într-un fel aparent darwinist, că preocuparea cu

creşterea copiilor. Dacă masculii ar consuma în scopuri utile energia pe care o irosesc luptând unii cu alţii, specia ca întreg ar putea creşte mai mulţi copii cu mai puţin efort şi mai puţină hrană consumată.

Un expert în probleme de muncă ar privi înspăimântat lumea elefanţilor de mare. S-ar putea face următoarea paralelă. Un atelier nu are nevoie decât de zece oameni pentru a funcţiona, deoarece are la dispoziţie zece strunguri. În loc să folosească zece oameni, administraţia decide să angajeze o sută. În fiecare zi toţi vin la serviciu şi îşi încasează drepturile băneşti. Apoi îşi petrec ziua luptând să intre în posesia celor zece strunguri. Fireşte că se confecţionează câteva piese, dar nu mai mult decât s-ar fi realizat de către zece persoane, ba chiar probabil mai puţin, deoarece cei o sută de oameni sunt atât de ocupaţi cu bătălia lor încât strungurile nu sunt folosite eficient. Expertul în probleme de muncă nu ar avea nici un dubiu. 90% dintre aceşti oameni sunt în plus, şi ei ar fi declaraţi în mod oficial ca atare şi concediaţi.

Dar masculii animalelor nu-şi risipesc eforturile numai în lupte fizice – „risipesc” fiind definit din punctul de vedere al economistului sau al expertului în problemele muncii. La multe specii există, de asemenea, şi concursuri de frumuseţe. Acestea ne duc spre o altă funcţie de utilitate pe care noi oamenii o putem aprecia, cu toate că, nu are semnificaţie economică directă: frumuseţea estetică. Ar fi ca şi cum Funcţia de Utilitate a Celui-de-Sus este ceva organizat după modelul concursurilor de frumuseţe Miss World (astăzi, slavă Domnului, demodate), dar unde cei care defilează sunt masculi. Acest lucru este foarte evident în aşa-numitele arene ale păsărilor ca ieruncile şi păunul-de-mare. Un „lek” este o porţiune de pământ folosită în mod obişnuit de păsările masculi care defilează prin faţa femelelor. Ele vizitează locul şi privesc la evoluţiile făloase ale câtorva masculi, înainte de a alege unul şi a se împerechea cu el. Masculii speciilor cu acest ritual de împerechere au deseori podoabe bizare pe care le pun în valoare cu mişcări de dans la fel de remarcabile. Fireşte,

termenul de „bizar” este o apreciere subiectivă; probabil că ritualul cocoşului de munte cu dansurile lui istovitoare acompaniate de sunete asemănătoare pocnetelor de dopuri nu pare deloc bizar femelelor propriei specii şi asta este tot ce contează. În unele cazuri, ideea femelelor de păsări despre frumuseţe poate coincide cu a noastră, şi rezultatul este un păun sau pasărea paradisului.

Cântecele privighetorii, coada fazanului, licăririle licuriciului, irizaţiile asemenea unui curcubeu ale peştilor din regiunea coralieră tropicală reprezintă toate frumuseţea estetică maximizată, dar aceasta nu este – sau poate fi doar întâmplător – frumuseţe pentru delectarea omului. Dacă ne place spectacolul, aceasta este numai o bonificaţie, un produs secundar. Genele care-i fac atrăgători pe masculi pentru femele automat se văd transmise în cursul râului digital spre viitor. Există doar o funcţie de utilitate care conferă o semnificaţie acestor frumuseţi; este aceeaşi care explică la elefantul de mare raportul între sexe, angajarea panterelor şi antilopelor în curse aparent zadarnice, cucii şi păduchele, ochii şi urechile şi traheele, furnicile lucrătoare sterile şi reginele superficiale. Marea Funcţie de Utilitate universală, cantitatea care este maximizată cu sârguinţă în fiecare ungher al lumii vii este supravieţuirea ADN-ului responsabil pentru însuşirea pe care încercaţi să v-o explicaţi.

Păunii sunt împovăraţi cu podoabe atât de grele şi incomode încât le-ar stânjeni eforturile lor de a face o treabă folositoare, chiar dacă ei s-ar simţi înclinaţi spre activităţi utile – ceea ce, în general, nu e cazul. Masculii speciilor cântătoare folosesc cantităţi riscante de timp şi energie pentru a cânta. Acestea desigur îi pun în pericol nu numai pentru că atrag prădătorii, ci şi pentru că ei se epuizează şi folosesc timpul pe care l-ar putea consuma pentru refacerea acestei energii. Un cercetător al biologiei pitulicei pretindea că unul din masculii lui, dezlănţuit, a cântat, fără exagerare, până când a murit. Dacă orice funcţie de utilitate ar avea ca scop bunăstarea speciei pe termen lung, chiar supravieţuirea pe termen lung a acestui

individ mascul, atunci ar scurta durată cântecelor, a dansurilor şi numărul luptelor dintre masculi. Totuşi, deoarece ceea ce este maximizat într-adevăr este supravieţuirea ADN-ului, nimic nu poate opri răspândirea ADN-ului, care nu are alt efect benefic decât de a-i face pe masculi plăcuţi femelelor. Frumuseţea nu este o virtute în sine. Dar inevitabil, dacă unele gene vor conferi masculilor orice calităţi pe care femelele speciei le găsesc dezirabile, acele gene, vrând-nevrând, vor supravieţui.

De ce sunt copacii unei păduri atât de înalţi? Doar pentru a depăşi copacii rivali. O funcţie de utilitate „raţională" ar avea grijă ca să fie toţi scunzi. Ar primi exact aceeaşi cantitate de lumină, cu cheltuieli mult mai mici decât cele necesare pentru trunchiurile groase şi ramurile masive. Dar dacă toţi ar fi scunzi, selecţia naturală nu ar putea acţiona favorizând o variantă individuală care a crescut puţin mai înaltă. O dată ce primii s-au înălţat, ceilalţi trebuie să-i urmeze. Nimic nu ar putea opri întregul joc, care se transformă într-o escaladă, până când toţi copacii ar deveni ridicol de înalţi şi risipitori. Este absurd doar din punctul de vedere al unui planificator economic raţional care se gândeşte în termenii maximizării eficienţei. Dar totul capătă sens o dată ce înţelegeţi adevărata funcţie de utilitate – genele maximizează propria lor supravieţuire. Analogiile casnice se găsesc din belşug. În timpul unei petreceri, dumneavoastră strigaţi până răguşiţi. Motivul este că toată lumea vorbeşte cât poate de tare. Numai dacă invitaţii s-ar înţelege să vorbească în şoaptă, ei s-ar auzi la fel de bine, forţându-şi mai puţin corzile vocale şi cheltuind mai puţină energie. Dar o asemenea înţelegere nu funcţionează decât dacă ei sunt dirijaţi. Întotdeauna cineva se trezeşte vorbind mai tare, şi, unul câte unul, ceilalţi îi urmează exemplul. Un echilibru stabil se instaurează numai atunci când toată lumea strigă atât de tare cât este fizic posibil, iar aceasta înseamnă mult mai tare decât este cerut de un punct de vedere „raţional". Regula colectivă este mereu zădărnicită de propria-i instabilitate. Funcţia de Utilitate a Divinităţii rareori

reuşeşte să fie cel mai mare bun pentru cel mai mare număr. Funcţia de Utilitate a Divinităţii îşi trădează originile ei într-o străduanie necoordonată pentru un câştig egoist.

Oamenii au mai degrabă o afectuoasă tendinţă să presupună că bunăstarea înseamnă bunăstarea grupului, că „bine” înseamnă binele societăţii, viitoarea existenţă fericită a speciei sau chiar a ecosistemului. Funcţia de Utilitate a Divinităţii, aşa cum derivă dintr-o contemplare aprofundată a selecţiei naturale, se opune viziunilor utopice. Sunt situaţii în care genele pot maximiza bunăstarea lor egoistă la propriul lor nivel, prin programarea unei cooperări neegoiste, sau pot ajunge chiar la autosacrificiu, prin intermediul organismului în care se află. Dar o bunăstare generală este totdeauna o consecinţă neprevăzută, un impuls primar. Acesta este înţelesul „genei egoiste”.

Să cercetăm acum un alt aspect al Funcţiei de Utilitate a Divinităţii, începând cu o analogie. Psihologul darwinist Nicolas Humphrey aduce la lumină un fapt edificator referitor la Henry Ford. „Se spune” că Ford, sfântul patron al eficienţei industriale

> ...a comandat o expertiză a resturilor de automobile răspândite prin America pentru a afla dacă există vreo piesă aparţinând modelului T Ford care nu s-a stricat niciodată. Inspectorii săi au raportat defecţiuni ale aproape tuturor pieselor: osiile, frânele, pistoanele. Dar le-a atras atenţia o excepţie: *pivotul de fuzetă* în toate resturile de automobile rezistase eroic, înglobând în el ani de zile de uzură. Cu o logică nemiloasă, Ford a conchis că pivotul de fuzetă al modelului T era prea bun pentru rostul lui şi a ordonat ca pe viitor să fie confecţionat la parametri inferiori.

Ca şi mine, puteţi să aveţi neclarităţi în legătură cu această piesă, dar nu are nici o importanţă. Este ceva de care are nevoie motorul unui automobil şi asprimea invocată a lui Ford era într-adevăr absolut logică. Alternativa ar fi fost să îmbunătăţească toate celelalte piese ale maşinii pentru a le aduce la standardul pivoţilor

neuzaţi. Dar atunci n-ar mai fi produs un model T, ci un Rolls-Royce, şi nu acesta era obiectivul propus. Un Rolls-Royce este un automobil respectabil şi la fel este şi modelul T, dar la un preţ diferit. Şmecheria este să fii sigur că fie întreaga maşină este construită conform parametrilor Rolls-Royce, fie întreaga maşină este construită conform parametrilor modelului T. Dacă dumneavoastră faceţi o maşină hibrid, cu unele componente de calitatea modelului T şi alte componente de calitatea Rolls-Royce-ului, realizaţi cea mai proastă variantă, pentru că maşina va fi aruncată când cele mai slabe componente se uzează, iar banii cheltuiţi pe componentele de înaltă calitate care nu au timp să se uzeze sunt pur şi simplu irosiţi.

Lecţia lui Ford se aplică chiar mai bine corpurilor însufleţite decât maşinilor, deoarece piesele unui automobil, în anumite limite, pot fi înlocuite cu piese de schimb. Maimuţele şi gibonii îşi petrec viaţa în vârful arborilor şi există întotdeauna un risc să cadă şi să-şi fractureze oasele. Să presupunem că am ordonat o expertiză a cadavrelor maimuţelor pentru a stabili frecvenţa fracturilor la nivelul fiecărui os principal al corpului. Să presupunem că s-a constatat că fiecare os se mai rupe, mai des sau mai rar, cu o singură excepţie: peroneul (osul paralel cu tibia) care nu a fost niciodată fracturat. Henry Ford ar prescrie fără ezitare reproiectarea peroneului la un parametru inferior şi asta este exact ceea ce ar face selecţia naturală, de asemenea. Indivizii mutanţi, posesorii unui peroneu inferior – indivizi mutanţi ale căror reguli de creştere necesită devierea preţiosului calciu din peroneu – ar putea utiliza materialul economisit pentru a îngroşa alte oase ale corpului şi astfel ar realiza idealul conform căruia toate oasele ar avea şanse egale de rupere. Sau indivizii mutanţi ar putea folosi calciul economisit pentru producerea unei cantităţi suplimentare de lapte şi ar reuşi astfel să crească mai mulţi urmaşi. Peroneul s-ar putea subţia cel puţin atât cât să devină la fel de expus la rupere ca şi cele mai solide oase. Alternativa – soluţia Rolls-Royce de a aduce toate celelalte componente la standardul

peroneului – este mai greu de realizat.

Dar calculul nu este atât de simplu, deoarece unele oase sunt mai importante decât altele. Cred că i-ar veni mai uşor unei maimuţe-păianjen să supravieţuiască cu călcâiul fracturat decât cu un braţ rupt, aşa încât nu ne putem aştepta că selecţia naturală să facă toate oasele identice în ceea ce priveşte rezistenţa la fracturi. Dar principalul aspect desprins din lecţia legendarului Henry Ford este fără îndoială corect. Este posibil ca o componentă a unui animal să fie prea bună, şi ne-am aştepta că selecţia naturală să favorizeze o reducere a calităţii acesteia, dar nu sub un punct de echilibru cu calitatea celorlalte componente ale corpului. Mai precis, selecţia va favoriza o nivelare a calităţii, atât în direcţia descendentă cât şi în cea ascendentă, până când echilibrul potrivit şterge diferenţele între toate părţile componente ale corpului.

Este destul de uşor de apreciat acest echilibru când sunt şterse diferenţele între două aspecte separate ale vieţii: supravieţuirea păunului faţă de frumuseţea sa în ochii păuniţei, de exemplu. Teoria darwinistă ne spune că orice supravieţuire este doar un mijloc de propagare a genelor, dar aceasta nu ne opreşte pe noi să împărţim corpul în acele componente, ca picioarele, care sunt implicate în primul rând în supravieţuirea individuală, şi acelea, ca penisurile, care sunt implicate în reproducere. Sau acelea, cum sunt coarnele, destinate înfruntării cu indivizi rivali, în comparaţie cu picioarele şi penisurile, a căror importanţă nu depinde de existenţa indivizilor rivali. Multe insecte impun o separare strictă a diferitelor stadii de dezvoltare din cursul vieţii lor. Omizile sunt destinate strângerii hranei şi creşterii. Fluturii, asemănător florilor pe care le vizitează, sunt destinaţi reproducerii. Ei nu cresc şi adună nectarul numai pentru a-l arde imediat ca benzină pentru zbor. Când un fluture se reproduce cu succes, el propagă genele nu numai pentru a fi un fluture care zboară şi se împerechează eficient, ci şi pentru a fi o omidă care se hrăneşte eficient, ceea ce a şi fost de fapt. Insectele efemere se hrănesc şi cresc ca nimfe sub apă, până la vârsta de trei ani. Apoi

apar ca adulţi zburători şi trăiesc doar câteva ore. Multe dintre ele sunt mâncate de peşti, dar chiar dacă nu se va întâmpla aşa, ele vor muri în orice caz, deoarece nu se pot hrăni şi nici nu posedă intestine (Henry Ford le-ar fi iubit). Treaba lor este să zboare până întâlnesc un partener pentru reproducere. Apoi, după ce şi-au transmis genele – inclusiv genele ce le fac nimfe eficiente capabile să se hrănească 3 ani sub apă –, ele mor. O insectă efemeră este asemenea unui copac care are nevoie de ani de zile pentru a creşte, apoi înfloreşte pentru o singură splendidă zi şi moare. Adultul insectelor efemere este floarea care se deschide pentru scurt timp la sfârşitul vieţii şi începutul unei noi vieţi.

Un somon tânăr migrează în josul fluviului în care s-a născut şi petrece majoritatea vieţii hrănindu-se şi crescând în mare. Când ajunge la maturitate caută din nou, probabil după miros, gura râului său natal. În această călătorie atât de mult descrisă, somonul înoată în amonte, depăşind cascade şi vârtejuri, spre casă, spre izvoarele în care s-a ivit în urmă cu o viaţă. Acolo îşi depune icrele şi ciclul se reia. Există o diferenţă specifică între somonul de Atlantic şi cel de Pacific. Somonul de Atlantic, după ce a depus icrele, poate reveni în mare cu unele şanse de a repeta ciclul a doua oară. Somonul din Pacific moare, epuizat, la câteva zile după depunerea icrelor. Un somon tipic de Pacific este ca o insectă efemeră, însă fără separarea anatomică clară a fazelor de nimfă şi adult în ciclul său de viaţă. Efortul de a înota în amonte este atât de mare încât nu mai are resurse să-l facă a doua oară Aşadar, selecţia naturală favorizează indivizii care angajează ultimele resurse într-un efort reproductiv „big-bang”. Orice resurse rămase după reproducere vor fi irosite – echivalentul piesei supraelaborate a automobilului lui Henry Ford. Somonul de Pacific s-a dezvoltat către o reducere treptată a şanselor de supravieţuire postreproductivă până aproape de zero, resursele economisite fiind orientate spre icre sau lapţi. Somonul de Atlantic a fost îndreptat spre altă cale. Poate pentru că râurile pe care trebuie să le urce sunt mai scurte

şi izvorăsc din munţi mai puţin înalţi, indivizii care mai păstrează unele resurse pot uneori să parcurgă al doilea ciclu reproductiv. Preţul pe care somonul de Atlantic îl plăteşte este că el nu se poate angaja prea mult faţă de icrele lui. Există un anumit schimb între reproducere şi longevitate, şi diferitele feluri de somoni au optat pentru diferite tipuri de echilibre. Trăsătura caracteristică a ciclului de viaţă a somonului este că această zdrobitoare odisee a migraţiei impune o discontinuitate. Nu există o trecere lină între un sezon reproductiv şi cel de al doilea. Angajarea într-un al doilea sezon reproductiv reduce drastic eficienţa celui dintâi. Somonul de Pacific s-a dezvoltat spre o angajare fără echivoc într-un prim sezon reproductiv, cu rezultatul că un individ tipic moare imediat după acest efort titanic de depunere a icrelor.

Acelaşi fel de schimb marchează orice fel de viaţă, dar de obicei este mai puţin dramatic. Propria noastră moarte este programată probabil într-un sens asemănător cu cea a somonului, dar într-o manieră mai puţin evidentă şi netă. Fără îndoială că un adept al eugeniei ar putea obţine o rasă umană caracterizată printr-o longevitate foarte mare. Aţi putea alege pentru împerechere acei indivizi care depun cele mai multe din resursele lor în propriile corpuri, în defavoarea copiilor: de exemplu indivizi ale căror oase sunt puternic îngroşate şi greu de rupt, dar care au disponibilizat puţin calciu pentru a produce lapte. E destul de uşor să trăieşti ceva mai mult, dacă eşti răsfăţat ca un animal de casă pe seama viitoarei generaţii. Eugenistul ar putea să îngrijească ca pe o comoară subiecţii săi şi să exploateze schimbul în direcţia dorită a longevităţii. Natura însă nu ne va cocoloşi în acest fel, pentru că genele care frustrează generaţia următoare nu vor străbate în viitor.

Funcţia de Utilitate a Naturii nu va aprecia niciodată longevitatea doar de dragul ei, ci numai în interesul reproducerii viitoare. Orice animal care, la fel ca noi, dar nu şi că somonul de Pacific, se reproduc de mai multe ori, face faţă schimburilor între copilul actual şi copiii viitori. O iepuroaică ce-şi consacră toată energia şi toate resursele

primilor ei pui va avea probabil o primă progenitură foarte reuşită. Dar nu va mai dispune de resurse necesare pentru a ajunge să producă o a doua generaţie. Genele ce controlează acumularea unor rezerve vor tinde să se răspândească în populaţia de iepuri, transportate în corpurile celei de a doua sau celei de a treia generaţii de pui. Genele de acest tip nu s-au răspândit în populaţia somonului de Pacific, pentru că discontinuitatea între primul şi al doilea sezon de reproducere este foarte mare.

Pe măsură ce îmbătrânim, şansele de a deceda în următorul an, iniţial scăzute şi apoi pentru un timp constante, cresc continuu. Ce se petrece în acest interval de creştere a mortalităţii? Principiul în esenţă este % acelaşi ca şi în cazul somonului de Pacific, dar acţionează pe o perioadă mai lungă în loc să fie concentrat într-o scurtă şi precipitată orgie a morţii, după orgia de depunere a icrelor. Principiul modului în care se instalează îmbătrânirea a fost pus în evidenţă, la începutul anilor 1950 de savantul în medicină Sir Peter Medawar, laureat al Premiului Nobel, şi completat cu diferite modificări ale ideilor de bază de către distinşii darwinişti G. C. Williams şi W. D. Hamilton.

Argumentul esenţial este următorul: în primul rând, după cum am văzut în capitolul I, orice efect genetic va fi declanşat, în mod normal, într-un anumit moment în cursul vieţii organismului. Numeroase gene sunt declanşate în primele etape ale dezvoltării embrionare, dar altele – ca gena pentru chorea Huntigton, boală care l-a doborât în mod tragic pe poetul şi cântăreţul folk Woody Guthrie – nu sunt declanşate până la vârstă mijlocie. În al doilea rând, detaliile unui efect genetic, inclusiv momentul în care este declanşat, pot fi modificate de celelalte gene. Un bărbat care posedă gena ce determină chorea Huntington se poate aştepta să moară din cauza bolii, dar momentul morţii, la patruzeci sau cincizeci de ani (vârsta la care a murit Woody Guthrie), poate fi influenţat de celelalte gene. Rezultă că, prin selecţia genelor modificatoare, momentul exprimării unei anumite gene poate surveni fie mai târziu, fie mai

devreme în timpul evoluţiei.

O genă ca cea responsabilă de chorea Huntington, care se declanşează între 35 şi 55 de ani, are toate şansele să fie transmisă în generaţia următoare înainte de a-l omorî pe posesorul ei. Dacă totuşi ar fi fost declanşată la vârsta de 20 de ani, ar fi fost transmisă numai de oameni care se reproduc destul de tineri, şi prin urmare selecţia ar fi acţionat drastic împotriva ei. Dacă s-ar fi declanşat la vârsta de 10 ani, categoric n-ar mai fi fost niciodată transmisă. Selecţia naturală va favoriza orice gene modificatoare al căror efect va face că gena ce determină chorea Huntington să se declanşeze la o vârstă mai înaintată. Conform teoriei Medawar/Williams, exact acesta ar fi motivul pentru care, în mod normal, ea nu este declanşată mai devreme de vârstă mijlocie. Cu mult timp în urmă, este posibil să fi existat o genă ce acţiona mai devreme, dar selecţia naturală a favorizat amânarea efectului ei letal până spre mijlocul vieţii. Nu este nici o îndoială că şi acum se mai exercită o foarte uşoară presiune de selecţie pentru a o împinge la bătrâneţe, dar această presiune este slabă deoarece puţine victime mor înainte de a se reproduce şi de a transmite gena descendenţei.

Gena care determină chorea Huntington este un exemplu elocvent de genă letală. Există numeroase alte gene care nu sunt ele însele letale dar, cu toate acestea, determină efecte care măresc probabilitatea surveniri morţii din cu totul alte cauze şi sunt numite subletale. Repet încă o dată, momentul declanşării lor poate fi influenţat de genele modificatoare şi, prin urmare, accelerat sau încetinit de selecţia naturală. Medawar a înţeles că debilităţile bătrâneşti ar putea să reprezinte o acumulare a efectelor genetice letale şi subletale care au fost împinse tot mai târziu în ciclul vieţii şi cărora li s-a permis să se strecoare prin sită reproducerii în generaţiile viitoare datorită simplului fapt că aceste gene acţionau târziu.

Interpretarea pe care G. C. Williams, decanul de vârstă al darwiniştilor americani, a dat-o poveştii în 1957 este una

importantă. Ea revine asupra punctului nostru de vedere despre economia schimburilor. Pentru a o înţelege trebuie să precizăm câteva date esenţiale. De obicei, o genă are mai mult decât un efect asupra unor părţi ale corpului care aparent sunt foarte distincte. Nu este doar un efect de „pleio-tropie”, ci mai mult decât ne-am aştepta, având în vedere că genele îşi exercită efectele lor asupra dezvoltării embrionare, iar dezvoltarea embrionară este un proces foarte complicat. Deşi unul din efectele ei poate fi benefic, este puţin probabil că şi celelalte să fie la fel. Aceasta deoarece efectele celor mai multe mutaţii sunt nefavorabile. Aceasta nu este numai o realitate, ci este chiar previzibil în principiu: dacă dumneavoastră intenţionaţi să construiţi ceva şi începeţi cu un mecanism foarte complicat – ca un radio, să zicem – există mai multe posibilităţi să-l faceţi mai rău decât să-l faceţi mai bun.

Ori de câte ori selecţia naturală favorizează o genă datorită efectului ei benefic la vârsta tinereţii – să spunem, asupra puterii de atracţie sexuală a unui mascul tânăr – este probabil să existe şi o latură negativă: unele boli specifice la vârstă mijlocie sau la bătrâneţe, de exemplu. Teoretic, ar putea exista şi o altă modalitate de a face că efectele să se manifeste la vârste diferite, dar conform raţionamentului lui Medawar, selecţia naturală este puţin probabil să favorizeze maladia în tinereţe din cauza unui efect benefic al aceleiaşi gene la bătrâneţe. De altfel, putem invoca din nou caracteristica genelor modificatoare. Oricare dintre numeroasele efecte ale unei gene, bune sau rele, ar putea fi afectate în evoluţia lor ulterioară în privinţa momentului la care se declanşează. Conform principiului Medawar, efectele benefice ar tinde să se deplaseze spre vârstele timpurii, în timp ce efectele negative ar tinde să se deplaseze spre vârstele mai târzii. De altfel, în unele cazuri va exista un schimb direct între efectele timpurii şi cele târzii. Acest aspect a apărut în discuţia noastră despre somon. Dacă un animal posedă o cantitate limitată de resurse pentru consum, să zicem, pentru a deveni mai puternic din punct de vedere fizic şi pentru a scăpa de

pericole, orice înclinaţie de a le consuma devreme va fi favorizată în raport cu preferinţa de a le consuma târziu. Consumatorii târzii este mai probabil să fi murit deja din alte cauze înainte de a avea şansa să-şi consume resursele. Pentru a introduce punctul de vedere al lui Medawar într-un fel de versiune revăzută a noţiunilor pe care le-am introdus în capitolul I, toată lumea se trage dintr-un şir neîntrerupt de strămoşi care, fără excepţie, au fost la un moment dat în viaţa lor tineri, dar mulţi dintre ei nu au apucat să îmbătrânească niciodată. Aşadar moştenim tot ce este necesar pentru a fi tineri, dar nu neapărat şi tot ce este necesar pentru a ajunge bătrâni. Noi tindem să moştenim genele pentru a muri la mult timp după ce ne-am născut, nu pentru a muri la scurt timp după ce ne-am născut.

Pentru a reveni la începutul pesimist al acestui capitol, când funcţia de utilitate – ceea ce este maximizat – este supravieţuirea ADN-ului, aceasta nu constituie o reţetă a fericirii. Atâta timp cât ADN-ul este transmis, nu are nici o importanţă cine sau ce suferă în timpul acestui proces. Este mai bine pentru genele viespii ichneumonide, de care vorbea Darwin, ca omida să fie în viaţă şi deci proaspătă atunci când este mâncată, neavând nici o importanţă costul sub formă de suferinţă. Genelor nu le pasă de suferinţă, deoarece lor nu le pasă de nimic.

Dacă natura ar fi fost blândă, ea ar fi făcut cel puţin o concesie minoră anesteziind omizile înainte ca ele să fie mâncate de vii din interior. Dar natura nu este nici blânda, nici nemiloasă. Ea nu este nici pentru, nici împotriva suferinţei. Natura nu este interesată, într-un fel sau altul, de suferinţă, dacă aceasta nu afectează supravieţuirea ADN-ului. Este uşor să ne imaginăm o genă care, să zicem, tranchilizează gazelele când suferă din cauza unei muşcături ucigătoare. Ar fi o astfel de genă favorizată de selecţia naturală? Numai dacă tranchilizarea gazelei ar mări şansele genei de a fi transmisă la generaţiile viitoare. Este greu să ne imaginăm de ce ar trebui să fie aşa şi de aceea putem să presupunem că gazelele suferă o imensă durere şi spaimă atunci când sunt împinse spre moarte, aşa cum

de fapt se şi întâmplă. Cantitatea totală de suferinţă anuală a lumii vii depăşeşte orice închipuire decentă. În minutul în care am conceput această propoziţie, mii de animale erau mâncate de vii, altele alergau să se salveze scâncind înspăimântate; unele au fost devorate treptat din interior de paraziţi sâcâitori; mii de animale din toate speciile erau pe cale să moară de inaniţie, sete sau boli. Aşa trebuie să fie. Dacă ar exista vreodată o perioadă înfloritoare, aceasta ar determina în mod automat creşterea populaţiei până când starea naturală de înfometare şi mizerie ar fi restabilită.

Teologii sunt preocupaţi de „problema răului" şi de o alta înrudită cu aceasta, „problema suferinţei". În ziua când începusem să scriu acest paragraf, toate ziarele englezeşti relatau o poveste teribilă despre un autobuz plin cu copii de la o şcoală romano-catolică şi care, fără nici o cauză aparentă, s-a prăbuşit omorându-i pe toţi. Nu era pentru prima dată când clerul era cuprins de paroxism după ce citise într-un ziar londonez *{The Sunday Telegraph)* următoarea problemă teologică: „Cum am putea crede într-un Dumnezeu atotputernic şi iubitor care îngăduie o asemenea tragedie?" Articolul fusese o replică la cuvintele unui preot: „Răspunsul cel mai simplu este că noi nu ştim de ce ar trebui să existe un Dumnezeu care să permită ca astfel de lucruri îngrozitoare să se întâmple. Dar pentru un creştin oroarea accidentului confirmă faptul că noi trăim într-o lume de veritabile valori: pozitive şi negative. Dacă întregul univers ar fi fost doar electroni, n-ar mai fi existat nici o problemă a răului sau a suferinţei."

Dimpotrivă, dacă universul ar fi fost doar electroni şi gene egoiste, tragedii absurde ca cea a prăbuşirii autobuzului ar fi exact ceea ce ne-am aştepta, deopotrivă cu un la fel de fără sens *noroc.* Un astfel de univers nu ar fi nici bun, nici rău în intenţii. N-ar manifesta nici un fel de intenţii. Într-un univers al forţelor fizice oarbe şi al replicării genetice, unii vor suferi, alţii vor fi norocoşi, şi nu veţi găsi nici un fel de legătură sau raţiune în toate acestea, nici un fel de dreptate. Universul pe care-l privim ar avea exact

proprietăţile la care ne-am aştepta, dacă nu există, la urma urmelor, nici un plan, nici o intenţie, nici un rău sau nici un bine, nimic altceva decât o indiferenţă oarbă, nemiloasă. Aşa cum a spus nefericitul poet A. E. Housman:

> Natura fără de inimă, fără de minte
> Nici nu ştie, nici nu-şi face griji.

ADN-ul nici nu ştie, nici nu-şi face griji. ADN-ul doar există. Şi noi dansăm după cum ne cântă el.

CAPITOLUL **5**

Bomba replicaţiei

Cele mai multe stele – şi soarele nostru este un exemplu tipic – ard constant de mii de milioane de ani. Foarte rar, undeva în galaxie, o stea se aprinde brusc, fără un avertisment evident, într-o supernovă. Într-o perioadă de câteva săptămâni ea creşte în luminozitate de miliarde de ori şi apoi se stinge într-o rămăşiţă întunecoasă. În timpul celor câteva zile luminoase, ca supernovă, o stea poate radia mai multă energie decât în toate sutele de milioane de ani de existenţă ca stea obişnuită. Dacă propriul nostru soare „ar deveni supernovă”, întregul sistem solar s-ar vaporiza instantaneu. Din fericire acest lucru este foarte improbabil. În galaxia noastră cu o sută de miliarde de stele, astronomii au înregistrat doar trei supernove: în 1054, în 1572 şi în 1604. Nebuloasa Racului constituie rămăşiţele evenimentului din 1054 înregistrat de către astronomii chinezi. (Când spun eveniment „din 1054” înţeleg, desigur, ştirea despre acel eveniment care a ajuns pe pământ în 1054. Evenimentul propriu-zis a avut loc cu şase mii de ani mai devreme. Frontul de undă luminoasă provenit de la el a ajuns la noi în anul 1054.) Din 1604, singurele supernove care au fost văzute erau din alte galaxii.

Există un alt tip de explozie pe care o poate suferi o stea. În loc „să se transforme în supernovă”, „se transformă în informaţie”. Explozia începe mai lent decât în cazul supernovei şi necesită incomparabil mai mult până să se

declanşeze. O putem numi o bombă a informaţiei sau, din motive care vor deveni evidente, o bombă a replicaţiei. Aţi fi putut detecta o bombă a replicaţiei în primele câteva miliarde de ani ale acumulării ei numai dacă v-aţi fi aflat în imediata ei apropiere. În cele din urmă, manifestări subtile ale exploziei încep să se infiltreze în regiuni mult mai îndepărtate ale spaţiului şi explozia devine, cel puţin potenţial, detectabilă de la mare distanţă. Nu ştim cum se termină o astfel de explozie. Probabil, în cele din urmă, se stinge asemenea unei supernove, dar noi nu ştim până la ce punct se dezvoltă. Poate până la o catastrofă violentă şi autodestructivă. Poate până la o emisie, mult mai blândă şi repetată, de obiecte care se mişcă pe o traiectorie mai degrabă controlată decât pe o simplă traiectorie balistică, spre puncte îndepărtate ale spaţiului unde ar putea contamina cu aceeaşi tendinţă de explozie şi alte sisteme solare.

Motivul pentru care ştim atât de puţin despre bombele replicaţiei din univers este faptul că am văzut doar un exemplu, iar un singur exemplu din orice fenomen nu este suficient pentru a pune bazele unor generalizări. Povestea unicului nostru caz este în curs de desfăşurare. A durat între trei şi patru miliarde de ani, şi tocmai a atins pragul răspândirii departe de imediata vecinătate a stelei. Steaua care ne interesează este Sol, o mică stea galbenă aşezată aproape de limita galaxiei noastre, într-unul din braţele ei în formă de spirală. O numim Soare. Explozia a început de fapt pe unul dintre sateliţii care descrie o orbită apropiată în jurul soarelui, dar energia care a declanşat explozia vine toată de la soare. Satelitul este, desigur, Pământul, şi explozia veche de patru miliarde de ani, sau bomba replicaţiei, se numeşte viaţă. Noi oamenii reprezentăm manifestarea extrem de importantă a bombei replicaţiei, pentru că prin noi – prin creierele noastre, cultura noastră simbolică şi tehnologia noastră – explozia poate înainta în faza următoare reverberând prin spaţiul profund.

Aşa cum am spus, bomba replicaţiei noastre este, până acum, singura pe care o cunoaştem în univers, dar asta nu

înseamnă neapărat că evenimentele de felul acesta sunt mai rare decât supernovele. După cum se ştie, supernovele au fost detectate de trei ori în galaxia noastră, dar, după aceea, din cauza imensei cantităţi de energie eliberată, supernovele se văd mult mai uşor de la mare distanţă. Până acum câteva decenii, când undele radio produse de om au început să se răspândească în afara planetei, propria noastră explozie de viaţă ar fi fost nedetectată de către observatori de pe planete chiar foarte apropiate. Probabil că singură manifestare evidentă a exploziei noastre de viaţă până în timpurile recente ar fi fost Marea Barieră de Corali.

O supernovă este o explozie bruscă şi uriaşă. Evenimentul care declanşează orice explozie constă în faptul că acumulările cantitative depăşesc o valoare critică, după care lucrurile scapă de sub control pro-ducând un efect mult mai amplu decât evenimentul declanşator iniţial. Evenimentul care a declanşat bomba replicaţiei este apariţia spontană a entităţilor autoreplicative şi totuşi variabile. Motivul pentru care autoreplicarea este un potenţial fenomen exploziv este acelaşi ca pentru oricare explozie: creşterea exponenţială – cu cât ai mai mult, cu atât primeşti mai mult. Dacă ai un lucru cu capacitatea de a se autoreplica, vei avea curând două. Apoi fiecare din cele două îşi face o autocopie şi ai pe urmă patru. Apoi opt, apoi şaisprezece, treizeci şi două, şaizeci şi patru... După numai treizeci de generaţii ale acestei duplicaţii, vei avea mai mult de un miliard de obiecte care se duplică. După cincizeci de generaţii, vor fi o mie de milioane de milioane. După două sute de generaţii, vor fi un milion de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane. Teoretic. În practică, aşa ceva ar fi imposibil, deoarece acest număr este mai mare decât numărul atomilor din univers. Procesul exploziv al autocopierii a trebuit să fie limitat cu mult timp înainte de a atinge două sute de generaţii neîntrerupte.

Nu avem dovada directă a evenimentului replicaţiei care a declanşat procesul evolutiv pe această planetă. Putem

deduce doar că a trebuit să se fi întâmplat datorită exploziei din care şi noi suntem o parte. Nu ştim exact cum s-a petrecut evenimentul critic originar, declanşarea autoreplicării, dar putem deduce ce fel de eveniment trebuie să fi fost. A început ca un eveniment chimic.

Chimia este o dramă care se desfăşoară pe toate stelele şi pe toate planetele. În chimie, actorii sunt atomii şi moleculele. Chiar şi cei mai rari dintre atomi sunt extrem de numeroşi în raport cu standardul de evaluare numerică folosit în mod obişnuit. Isaac Asimov a calculat că numărul atomilor dintr-un element rar, astatin – 215, în întreaga Americă de Nord şi de Sud până la o adâncime de zece mile este „doar un trilion”. Unităţile fundamentale ale chimiei sunt totdeauna parteneri care se combină pentru a produce o populaţie mobilă şi foarte numeroasă de elemente şi mai mari – moleculele. Oricât de numeroase sunt ele, moleculele de un anumit tip – spre deosebire de, să zicem, animalele unei anumite specii sau de viorile Stradivarius – sunt întotdeauna identice. Legile chimice ale mişcării atomilor au făcut ca unele molecule să devină mai numeroase în timp ce altele au devenit mai rare. Un biolog ar fi în mod natural tentat să descrie moleculele a căror populaţie a devenit mai numeroasă ca „încununate de succes”. Dar nu este de nici un folos să cedezi acestei tentaţii. Succesul, în sensul clar al cuvântului, este o proprietate care va apărea doar într-o fază mai târzie în povestea noastră.

Care a fost atunci acest memorabil eveniment critic care a declanşat explozia vieţii? Am spus că a fost apariţia entităţilor autoreplicative, dar am putea considera la fel de bine şi apariţia fenomenului de ereditate – un proces pe care-l putem eticheta „ce iese din pisică şoareci mănâncă”. Acesta nu este ceva ce moleculele manifestă în mod obişnuit. Moleculele de apă, cu toate că mişună în populaţii gigantice, nu manifestă nimic care să semene cu ereditatea adevărată. În aparenţă, ai putea crede că seamănă. Populaţia de molecule de apă (H_2O) creşte când hidrogenul (H) arde în prezenţa oxigenului (O). Populaţia moleculelor

de apă descreşte când apa este separată, prin electroliză, în bule de hidrogen şi oxigen. Dar, cu toate că există un fel de dinamică a populaţiei moleculelor de apă, asta nu este ereditate. Condiţia minimă pentru o adevărată ereditate ar trebui să fie existenţa a cel puţin două feluri distincte de molecule de apă, ambele dând naştere unor copii identice cu ele.

Moleculele se dispun uneori în două variante în oglindă. Există două feluri de molecule de glucoză, care conţin atomi identici legaţi împreună într-un mod identic, exceptând faptul că moleculele sunt imagini în oglindă. Acelaşi lucru este valabil şi pentru alte molecule de zahăr şi, de asemenea, pentru o mulţime de alte molecule, inclusiv pentru toţi aminoacizii importanţi. Poate că în acest caz este un prilej pentru „ce iese din pisică şoareci mănâncă” – pentru ereditate chimică. Ar putea oare moleculele dextrogire să producă molecule fiice dextrogire, iar cele levogire să producă molecule fiice levogire? Mai întâi, câteva informaţii esenţiale despre moleculele cu imagine în oglindă. Fenomenul a fost descoperit de către marele savant francez al secolului XIX Louis Pasteur, care studia cristalele de tartrat, sare a acidului tartric, o substanţă importantă din vin. Cristalul este un edificiu solid, destul de mare pentru a fi văzut cu ochiul liber şi, în unele cazuri, purtat în jurul gâtului. Se formează atunci când atomii sau moleculele, toţi de acelaşi tip, se aşază unele peste altele pentru a forma un corp solid. Nu se dispun haotic, ci într-o reţea cu ordine geometrică bine definită, precum soldaţii dintr-un regiment de gardă, de aceeaşi mărime şi perfect instruiţi. Moleculele care fac deja parte din cristal constituie un tipar pentru adăugarea unor noi molecule care ies din soluţia apoasă şi se potrivesc exact, astfel încât întregul cristal creşte ca o reţea ordonată. Din această cauză cristalele de sare au faţete pătrate, iar cele de diamant tetraedrice (format de diamant). Când fiecare formă acţionează ca un tipar pentru construirea altei forme asemănătoare ei, avem o idee vagă despre posibilitatea de autoreplicare. Să revenim acum la cristalele de tartrat ale

lui Pasteur. El a observat că, atunci când a lăsat un timp o soluţie de tartrat în apă, au luat naştere două feluri de cristale care se deosebesc prin faptul că fiecare era imaginea în oglindă a celuilalt. A separat cu greu în două grămezi cele două feluri de cristale. Când le-a redizolvat separat, a obţinut două soluţii diferite, două feluri de tartrat în soluţie. Deşi cele două soluţii se asemănau în cele mai multe privinţe, Pasteur a descoperit că ele roteau lumina polarizată în direcţii opuse. Acesta este motivul pentru care cele două feluri de molecule au primit nume convenţionale de levogire şi dextrogire, deoarece ele rotesc lumina polarizată în sens opus acelor de ceasornic şi, respectiv, în sensul acelor de ceasornic. După cum aţi putea bănui, când cele două soluţii au fost lăsate încă o dată să cristalizeze, fiecare a produs cristale pure care reprezentau imaginea în oglindă a celeilalte.

Moleculele cu imagine în oglindă se deosebesc prin aceea că, la fel ca pantoful drept şi sting, indiferent cât de mult te străduieşti, nu le poţi roti astfel încât una să poată fi folosită în locul celeilalte. Soluţia iniţială a lui Pasteur era o populaţie mixtă a două tipuri de molecule care, atunci când cristalizau, se asociau fiecare cu tipul propriu. Existenţa a două (sau mai multe) varietăţi distincte ale unei entităţi este o condiţie necesară, dar nu şi suficientă, pentru ca să existe ereditatea adevărată. Pentru ca la cristale să existe ereditate adevărată, cele levogire şi dextrogire ar trebui să se separe în jumătăţi atunci când ating o mărime critică, şi fiecare jumătate să servească drept tipar pentru a ajunge din nou la dimensiunea întreagă. În aceste condiţii am avea într-adevăr o populaţie în creştere a celor două tipuri de cristale cu simetrie opusă. Am putea cu adevărat să vorbim despre „succes” în populaţie, deoarece – pentru că ambele tipuri sunt concurente pentru aceiaşi atomi constitutivi – un tip ar putea deveni mai numeros în detrimentul celuilalt, datorită faptului că este „bun” în procesul de autocopiere. Din păcate, marea majoritate a moleculelor cunoscute nu posedă această proprietate unică a eredităţii.

Spun „din păcate” deoarece chimiştilor, care încearcă

pentru scopuri medicale să facă molecule care sunt toate, să zicem, levogire, le-ar plăcea tare mult să le poată „înmulţi”. În măsura în care moleculele acţionează ca tipare pentru formarea altor molecule, ele o fac în mod normal pentru imaginea lor în oglindă, nu pentru propria lor formă. Asta complică lucrurile, deoarece dacă începeţi cu o formă levogiră terminaţi cu un amestec egal de molecule levogire şi dextrogire. Chimiştii implicaţi în această activitate încearcă să păcălească moleculele „să înmulţească” molecule fiice de acelaşi tip. E un truc foarte greu de realizat.

De fapt, deşi probabil că nu a implicat capacitatea de rotire, o versiune a acestui truc a fost realizată în mod natural şi spontan în urmă cu patru mii de milioane de ani când pământul apăruse de curând şi când explozia care s-a transformat în viaţă şi informaţie începea. Dar, ca explozia să se poată declanşa, era nevoie de ceva mai mult decât simpla ereditate. Chiar dacă o moleculă manifestă o ereditate reală la formele sale dextrogire şi levogire, nici o competiţie între ele nu ar avea consecinţe foarte interesante, deoarece ele sunt numai de două feluri. Câştigarea competiţiei de către levogire, să zicem, ar însemna sfârşitul problemei. N-ar mai exista progres.

Moleculele mai mari pot manifesta disponibilităţi de rotire la nivelul diferitelor părţi componente. Antibioticul monensin, de exemplu, are 17 centri de asimetrie. Pentru fiecare din aceşti 17 centri există o formă levogiră şi una dextrogiră. Doi multiplicat cu el însuşi de 17 ori înseamnă 131 072, şi există, prin urmare, 131 072 de forme distincte ale moleculei. Dacă aceste 131 072 de forme ar poseda proprietatea eredităţii adevărate, şi fiecare ar da naştere numai propriului tip, ar exista o competiţie foarte complicată pe măsură ce cei mai încununaţi de succes membri ai mulţimii de 131 072 s-ar afirma treptat în recensămintele succesive ale populaţiei. Dar chiar şi acesta ar fi un tip limitat de ereditate, deoarece 131 072, deşi un număr mare, este finit. Pentru o explozie a vieţii care să-şi merite numele, este necesară ereditatea, dar necesară este

şi o varietate nedefinită, deschisă.

Cu monensinul, am ajuns la capătul drumului în ce priveşte ereditatea imaginii în oglindă. Dar rotirea spre stânga şi rotirea spre dreaptă nu este singurul fel de diferenţă care s-ar putea preta la copierea ereditară. Julius Rebek şi colegii săi de la Institutul de Tehnologie din Massachusetts sunt chimişti care au luat în serios provocarea de a produce molecule autoreplicative. Variantele exploatate de ei nu sunt de tip imagine în oglindă. Rebek şi colaboratorii au luat două mici molecule – numele detaliat nu are importanţă, să le numim doar A şi B. Când A şi B sunt amestecate în soluţie, se unesc pentru a forma al treilea compus numit – l-aţi ghicit – C. Fiecare moleculă C acţionează ca un tipar sau matriţă. Moleculele A şi B, care plutesc libere în soluţie, găsesc singure poziţiile corespunzătoare în tipar. Un A şi un B sunt înghesuite potrivindu-se în tipar şi astfel se află dispuse corect pentru a da naştere unui C exact ca cel dinainte. Moleculele C nu se alipesc una de alta pentru a forma un cristal, ci se separă. Ambele molecule C sunt acum disponibile ca tipar pentru a face noi molecule C, aşa încât populaţia de molecule C creşte exponenţial.

Aşa cum a fost descris până acum, sistemul nu manifestă ereditate adevărată, ci evidenţiază continuarea. Moleculă B se găseşte într-o varietate de forme, fiecare dintre acestea se combină cu A pentru a realiza propria ei versiune a moleculei C. Deci avem C_1, C_2, C_3 şi aşa mai departe. Fiecare dintre aceste versiuni ale moleculei C serveşte ca tipar pentru formarea altor molecule C de acelaşi tip. Prin urmare, populaţia de molecule C este eterogenă. În plus, diferite tipuri de C nu sunt toate la fel de eficiente în producerea fiicelor. Aşa încât există o competiţie între versiunile rivale de C din populaţia moleculelor C. Mai mult încă, „mutaţia spontană” a moleculei C poate fi indusă cu ajutorul radiaţiei ultraviolete. Noul tip mutant dovedeşte că „se înmulţeşte pur” producând molecule fiice asemenea lui. În mod satisfăcător, noua variantă a depăşit tipul parental şi rapid a pus stă-pânire pe lumea din eprubetă în care

aceste protocreaturi au apărut. Complexul A/B/C nu este singurul set de molecule care se comportă astfel. Mai există D, E şi F, pentru a numi doar o tripletă asemănătoare. Grupul lui Rebek a putut să facă chiar hibrizi autoreplicativi ai elementelor complexului A/B/C şi ai complexului D/E/F.

Moleculele care se autocopiază cu adevărat şi pe care noi le cunoaştem în natură – acizii nucleici ADN şi ARN – au un potenţial de variaţie superior. În timp ce un replicator Rebek este un lanţ cu doar două legături, o moleculă de ADN este un lanţ cu o lungime nedefinită; fiecare dintre sutele de legături ale lanţului poate fi unul dintre cele patru tipuri existente; şi, când un segment dat de ADN funcţionează ca tipar pentru formarea unei noi molecule de ADN, fiecare dintre cele patru tipuri acţionează ca un tipar pentru un anumit tip din cele patru. Cele patru unităţi cunoscute ca baze sunt compuşii adenină, timină, citozină şi guanină, în mod convenţional redate prin A, T, C şi G. Întotdeauna A este model pentru T şi viceversa. Întotdeauna G este tipar pentru C şi viceversa. Este realizabilă orice ordonare posibilă pentru A, T, C şi G şi ea va fi duplicată cu succes. În plus, deoarece lanţurile de ADN sunt de lungime nedefinită, gama variaţiei posibile este efectiv infinită. Aceasta este o reţetă posibilă pentru o explozie informaţională ale cărei reverberaţii ar putea în cele din urmă să depăşească planeta de origine şi să ajungă la stele.

Reverberaţiile exploziei replicatorului sistemului nostru solar au fost limitate la planeta de origine pentru cele mai multe din cele patru miliarde de ani de când s-a produs. Doar în ultimul milion de ani a apărut un sistem nervos capabil de a inventa o tehnologie radio. Şi doar în ultimele decenii acel sistem nervos a dezvoltat de fapt o radiotehnologie. Acum, un înveliş de unde radio în expansiune bogat în informaţie înaintează în afară dinspre planetă cu viteza luminii.

Am spus „bogat în informaţie” deoarece existau deja o mulţime de unde radio care ricoşează în cosmos. Stelele radiază în frecvenţele radio, ca şi în frecvenţele pe care le

cunoaştem ca lumină vizibilă. Există chiar unele zgomote de fond ca nişte şuierături rămase de la big-bang-ul originar, care a botezat timpul şi universul. Dar nu este modelat în mod semnificativ: nu este bogat în informaţie. Un radioas-tronom de pe o planetă aflată pe orbita Proximei Centauri ar detecta acelaşi şuierat de fond ca şi radioastronomii noştri, dar va putea remarca un model cu mult mai complicat de unde radio, care emană din direcţia stelei Soare. Acest model ar putea să nu fie recunoscut ca un amestec de programe de televiziune – cu vechimea de patru ani – dar *ar putea* fi recunoscut ca fiind cu mult mai structurat şi mai bogat în informaţii decât şuieratul de fond obişnuit. Radioastronomii centaurieni ar putea raporta, în mijlocul unei emoţionante conferinţe, că steaua Soare a explodat în echivalentul informaţional al unei supernove (ar bănui, dar nu ar putea fi siguri că a fost de fapt o planetă aflată pe orbită în jurul Soarelui).

Bombele replicaţiei, aşa cum am văzut, au o desfăşurare mult mai lentă decât supernovele. Propriei noastre bombe replicative i-au trebuit câteva miliarde de ani pentru a ajunge la pragul radio – momentul când o parte a informaţiei se revarsă afară din lumea parentală şi începe să scalde sistemele stelare învecinate cu impulsuri pline de semnificaţii. Putem bănui că exploziile informaţionale, dacă a noastră este tipică, trec o serie gradată de praguri. Pragul radio şi, înainte de acesta, pragul limbajului apar destul de târziu în cariera unei bombe a replicaţiei. Înainte de acestea a fost ceea ce – pe această planetă, cel puţin – poate fi numit pragul celulelor nervoase, iar înainte de acesta a fost pragul pluricelular. Pragul numărul unu, părintele tuturor, a fost pragul replicatorului, evenimentul declanşator care a făcut posibilă întreaga explozie.

Ce este aşa de important de spus despre replicator? Cum se poate că şansa apariţiei unei molecule cu o proprietate aparent inofensivă de a servi ca tipar pentru sinteza alteia la fel ca ea să constituie declanşatorul unei explozii ale cărei reverberaţii se pot întinde, dincolo de planete? Aşa cum am văzut, o parte din puterea replicatorilor constă în

creşterea exponenţială. Replicatorii manifestă această creştere într-o formă deosebit de clară. Un exemplu simplu este aşa-numita scrisoare lanţ. Primiţi în cutie o carte poştală pe care este scris: „Fă şase copii ale acestei cărţi poştale şi trimite-le la şase prieteni în timp de o săptămână. Dacă nu faci asta te va lovi o vrajă şi vei muri în mai puţin de o lună într-o groaznică agonie.” Dacă eşti înţelept o vei arunca. Dar o bună parte din oameni nu sunt aşa; ei sunt puţin intrigaţi sau intimidaţi de ameninţare şi trimit şase copii ale acesteia altor oameni. Din aceşti şase probabil doi vor fi convinşi să o trimită altor şase persoane. Dacă, în medie, unul din trei oameni care primesc cartea poştală se supune instrucţiunilor ei, numărul cărţilor poştale în circulaţie se va dubla în fiecare săptămână. Teoretic, asta înseamnă că după un an numărul cărţilor poştale în circulaţie va fi de doi la puterea cincizeci şi doi, sau în jur de patru mii de trilioane. Suficiente cărţi poştale pentru a acoperi fiecare bărbat, femeie şi copil din lume.

Dacă nu este controlată prin lipsa unor resurse, creşterea exponenţială duce la început la obţinerea unor rezultate fabuloase într-un timp surprinzător de scurt. În practică, resursele sunt limitate şi alţi factori contribuie de asemenea la reducerea creşterii exponenţiale. În exemplul nostru ipotetic, indivizii vor începe probabil să ignore aceeaşi scrisoare lanţ revenită la ei pentru a doua oară. În competiţia pentru resurse, pot apărea variante ale replicatorului care să fie întâmplător mai eficiente în realizarea duplicatelor. Aceşti replicatori mai eficienţi vor tinde să înlocuiască rivalii lor mai puţin eficienţi. Este important să înţelegem că nici una din aceste entităţi care se replică nu este interesată în mod conştient în realizarea duplicităţii. Dar s-a întâmplat ca lumea să devină saturată cu replicatori care sunt mult mai eficienţi.

În cazul scrisorii lanţ, a fi eficient poate consta în acumularea unei colecţii mai bune de cuvinte pe hârtie. În locul unor afirmaţii oarecum neplauzibile de felul „dacă nu te supui cuvintelor din cartea poştală vei muri în mai puţin de o lună într-o agonie teribilă”, mesajul ar putea fi: „Te

rog, te implor, salvează-ţi sufletul şi pe al meu, nu-ţi asuma riscul: dacă ai cea mai mică îndoială ascultă-mi sfaturile şi trimite scrisoarea altor şase oameni." Astfel de „mutaţii" se pot produce mereu, iar rezultatul va fi până la urmă o populaţie eterogenă de mesaje, toate în circulaţie, toate descinzând din acelaşi strămoş original, dar deosebindu-se în formularea amănunţită şi în puterea şi natura amabilităţilor pe care le folosesc. Variantele care au mai mult succes vor fi mai frecvente în detrimentul rivalelor mai puţin norocoase. Succesul este sinonim cu frecvenţa în circulaţie. „Scrisoarea Sf. Iuda" este un exemplu binecunoscut de astfel de succes; a călătorit în jurul lumii de mai multe ori, proces aflat probabil în creştere. Când scriam această carte, mi-a fost trimisă următoarea versiune de către dr. Oliver Goodenough, de la Universitatea din Vermont, şi am scris împreună un articol despre ea, pentru revista *Nature,* prezentând-o ca pe un „virus al minţii":

„CU DRAGOSTE TOATE LUCRURILE SUNT POSIBILE"
Această hârtie ţi-a fost trimisă pentru a-ţi aduce norocul. Originalul se află în New England. A fost trimisă în jurul lumii de nouă ori. Ţi-a fost trimis Norocul. Vei primi norocul în mai puţin de patru zile de la data sosirii acestei scrisori, timp în care trebuie să o retrimiţi. Nu este o glumă. Norocul îţi va veni prin poştă. Nu trimite bani. Trimite copii oamenilor care crezi că au nevoie de noroc. Nu trimite bani pentru că credinţa nu are preţ. Nu păstra această scrisoare. Ea trebuie să plece de la tine în mai puţin de 96 de ore. Joe Elliott, un ofiţer A.R.P. a primit 40 000 000 de dolari. Geo Welch şi-a pierdut soţia la cinci zile după primirea scrisorii. A împiedicat circulaţia scrisorii. Totuşi, înainte de moartea ei, a primit 75 000 de dolari. Te rog să trimiţi copii şi să vezi ce se întâmplă după patru zile. Scrisoarea lanţ vine din Venezuela şi a fost scrisă de către Saul Anthony Degnas, un misionar din America de Sud. De atunci, copia trebuie să înconjoare lumea. Trebuie să faci 20 de copii şi să le trimiţi prietenilor şi asociaţilor şi peste câteva zile vei primi o surpriză. Chiar dacă nu eşti superstiţios aceasta este dragoste. *Reţine* următoarele: Cantonare Dias a primit această scrisoare în 1903. El i-a cerut secretarei să-i facă copii şi să le trimită. Câteva zile mai târziu a câştigat la

loterie 20 000 000 de dolari. Carl Dobbit, un funcţionar, a primit scrisoarea şi a uitat că trebuie să o trimită mai departe în mai puţin de 96 de ore. El şi-a pierdut slujba. După ce a regăsit-o, a făcut copii şi a trimis 20. Câteva zile mai târziu a obţinut din nou o slujbă mai bună. Dolan Fairchild, necrezând, a aruncat-o. 9 zile mai târziu a murit. În 1987, scrisoarea a fost primită de o tânără femeie din California. Era decolorată şi greu de citit. Şi-a promis că o va rescrie la maşină şi o va trimite. Dar a pus-o deoparte ca să facă asta mai târziu. Ea a avut tot felul de probleme, inclusiv probleme costisitoare cu maşina. Această scrisoare nu a fost trimisă în 96 de ore. Într-un târziu ea a rebătut scrisoarea aşa cum promisese şi a primit o maşină nouă. Adu-ţi aminte să nu trimiţi bani. Nu ignora aceasta – merge.

Sf. Iuda

Acest document absurd are toate semnele evoluţiei datorate unui anumit număr de mutaţii. Există numeroase erori şi imperfecţiuni şi ele sunt cunoscute şi în alte versiuni care circulă. Câteva versiuni foarte diferite mi-au fost trimise din toată lumea de când am publicat articolul din *Nature.* Într-unul din aceste texte alternative, „ofiţerul A.R.P.” este un „ofiţer R.A.F.”. Scrisoarea St. Jude este binecunoscută serviciului poştal din Statele Unite care relatează că este reexpediată înainte ca înregistrările oficiale să fi început şi manifestă izbucniri epidemice periodic.

Reţineţi că lista pretinsului noroc de care s-au bucurat cei care s-au supus regulilor şi a dezastrelor care s-au întâmplat celor care au refuzat nu putea să fi fost scrisă de către victime sau beneficiari. Beneficiarii pretinsului noroc nu au fost loviţi de acesta decât după ce au trimis scrisoarea mai departe. Şi victimele nu au trimis scrisoarea. Aceste poveşti au fost după cum se pare inventate – aşa cum oricine ar putea să presupună din conţinutul lor neplauzibil. Acest fapt ne conduce la principalul aspect prin care scrisorile lanţ diferă de replicatorii naturali care au iniţiat explozia vieţii. Scrisorile lanţ sunt puse în circulaţie de oameni, iar schimbările în modul de formulare apar în

mintea lor. La începutul exploziei vieţii nu existau minţi, nici creativitate şi nici intenţii. Exista doar chimia. Cu toate acestea, o dată ce substanţele chimice autoreplicative au avut şansa să apară, ar fi existat probabil o tendinţă automată de creştere a frecvenţei» variantelor cu mai mult succes pe seama variantelor cu mai puţin succes.

Ca şi în cazul scrisorilor lanţ, succesul printre replicatorii chimici este pur şi simplu sinonim cu frecvenţa în circulaţie. Dar asta este doar o definiţie: aproape o tautologie. Succesul se câştiga prin competenţă practică, iar competenţa înseamnă ceva concret şi nu tautologie. O moleculă replicativă cu succes va fi una care, din motive de structură chimică detaliată, are ceea ce îi trebuie pentru a se duplica. Ceea ce în practică înseamnă că poate să fie infinit variabilă, chiar dacă natura replicatorilor poate părea surprinzător de uniformă.

ADN-ul este atât de uniform pentru că el constă în întregime din variaţii ale aceloraşi patru „litere” – A, T, C şi G. Prin comparaţie, aşa cum am văzut în capitolele anterioare, mijloacele folosite de secvenţele ADN pentru a se autoreplica sunt tulburător de variate. Ele includ construirea de inimi mai eficiente pentru hipopotami, picioare mai sprintene pentru purici, aripi mult mai suple, aerodinamice pentru lăstunii de mare, vezici înotătoare mai bune pentru plutire la peşti. Toate organele şi părţile componente ale animalelor; rădăcinile, frunzele şi florile plantelor; toţi ochii, creierele şi minţile, şi chiar spaimele şi speranţele sunt instrumente prin care secvenţele ADN încununate de succes se aruncă ele însele în viitor. Instrumentele sunt aproape infinit de variate, dar reţetele pentru construirea lor sunt, dimpotrivă, ridicol de uniforme. Doar permutări după permutări ale A, T, C, G.

E posibil să nu fi fost totdeauna aşa. Nu avem dovada că, atunci când a început explozia informaţională, codul primordial a fost scris în literele ADN-ului. Într-adevăr, întreaga tehnologie informatică bazată pe ADN/proteine este atât de sofisticată – tehnologie înaltă, cum a fost ea denumită de chimistul Graham Cairns-Smith – încât cu greu

v-aţi putea imagina că a apărut la întâmplare, fără alte câteva sisteme replicative precursor. Precursorul ar fi putut să fie ARN; sau ar fi putut să fie ceva asemănător moleculelor simple autoreplicative ale lui Julius Rebek; sau ar fi putut să fie ceva foarte diferit: o posibilitate incitantă, pe care am dezbătut-o în detaliu în *The Bland Watchmaker,* este părerea lui Cairns-Smith (vezi în *Seven Clues to the Origin of Life)* despre cristalele de argilă anorganice ca replicatori primordiali. S-ar putea să nu ştim niciodată cu siguranţă.

Tot ce putem face este să ne imaginăm o cronologie generală a exploziei vieţii pe orice planetă, oriunde în univers. Amănuntele despre modul cum se va desfăşura depind de condiţiile locale. Sistemul ADN/proteine nu ar funcţiona într-o lume îngheţată de amoniac lichid, dar probabil un alt sistem ereditar şi embriologic ar putea funcţiona. În orice caz, acestea reprezintă detalii pe care vreau să le ignor, deoarece vreau să mă axez pe principiile independente de planetă ale reţetei generale. Voi parcurge acum mult mai sistematic lista pragurilor pe care orice bombă de replicaţie planetară este de aşteptat să le treacă. Unele dintre acestea sunt probabil universal valabile. Altele pot fi specifice numai planetei noastre. Poate să nu fie întotdeauna uşor să decizi care sunt probabil universale şi care sunt locale, şi această problemă este interesantă în sine.

Pragul 1 este, desigur, Pragul Replicatorului însuşi: «apariţia unui anumit tip de sistem autocopiator în care există cel puţin o formă rudimentară de variaţie ereditară, cu greşeli ocazionale, întâmplătoare în copiere. Consecinţa depăşirii Pragului 1 este că planeta începe să conţină o populaţie mixtă, în care variantele concurează pentru resurse. Acestea vor fi suficiente – sau vor deveni insuficiente când concurenţa va fi mai aprigă. Unele replici cu variaţii reuşesc să fie relativ câştigătoare în competiţia pentru resursele insuficiente. Altele vor fi relativ necâştigătoare. Aşa că acum avem o formă de bază a selecţiei naturale.

Pentru început, succesul replicatorilor rivali va fi apreciat exclusiv în funcţie de proprietăţile lor directe – de exemplu, cât de potrivită este forma lor ca tipar. Dar acum, după multe generaţii de evoluţie, trecem la pragul 2, Pragul Fenotipului. Replicatorii supravieţuiesc nu numai datorită propriilor lor însuşiri, ci şi datorită efectelor cauzale asupra unei alte entităţi, pe care o numim fenotip. Pe planeta noastră, fenotipurile sunt uşor de recunoscut: sunt acele părţi componente ale corpurilor plantelor şi animalelor pe care genele le pot influenţa. Aceasta înseamnă mulţimea tuturor părţilor corpurilor. Gândiţi-vă la fenotipuri ca la nişte pârghii cu care replicatorii câştigători îşi croiesc drumul spre următoarea generaţie. Într-un mod mai general, fenotipurile pot fi definite ca fiind efecte ale replicatorilor care influenţează succesul lor, dar care nu sunt ele însele replicate. De exemplu, există o specie de melci într-o insulă a Pacificului care posedă o genă ce determină felul răsucirii cochiliei, spre stânga sau spre dreapta. Moleculă de ADN însăşi nu este răsucită la stânga sau la dreapta, ci numai efectul ei fenotipic. Cochiliile răsucite spre dreapta sau stânga probabil că nu vor oferi şanse egale în asigurarea protecţiei exterioare a corpurilor melcilor. Deoarece genele melcilor călătoresc în interiorul cochiliilor a căror formă ele o influenţează, genele care fac cochilii reuşite vor ajunge să depăşească numeric genele care fac cochilii nereuşite. Cochiliile, fiind fenotipuri, nu nasc cochilii fiice. Fiecare cochilie este făcută de ADN, şi ADN-ul este cel care naşte ADN.

Secvenţele de ADN influenţează fenotipurile lor (ca direcţia de răsucire a cochiliilor) printr-un lanţ mai mult sau mai puţin complicat de evenimente intermediare, toate adunate sub numele generic de „embriologie”. Pe planeta noastră, prima verigă a lanţului este întotdeauna sinteza unei molecule proteice. Fiecare detaliu al moleculei proteice este precis determinat, prin intermediul faimosului cod genetic, prin modul de aranjare a celor patru tipuri de litere din ADN. Dar e foarte probabil că aceste detalii să fie doar de importanţă locală. Mai general, o planetă va ajunge

să posede replicatorii ale căror consecinţe (fenotipuri) au efecte benefice, prin orice mijloace, asupra succesului replicatorilor de a fi copiaţi. O dată ce a fost depăşit Pragul Fenotipic, replicatorii supravieţuiesc prin împuterniciţi, consecinţele lor asupra lumii. Pe planeta noastră, aceste consecinţe sunt de obicei limitate la corpul în care gena este localizată. Dar nu-i neapărat necesar să fie aşa. Doctrina Fenotipului Extins (căreia i-am dedicat o întreagă carte cu acest titlu) stabileşte că pârghiile fenotipice, prin care replicatorii îşi făuresc supravieţuirea pe termen lung, nu trebuie să fie limitate la „propriul" corp al replicatorilor. Genele pot ajunge în afara corpurilor specifice, influenţând lumea la scară mare, inclusiv alte corpuri.

Nu ştiu cât de universal poate fi Pragul Fenotipic. Presupun că va fi fost trecut pe toate acele planete unde explozia vieţii a depăşit o etapă foarte rudimentară. Şi presupun că acelaşi lucru este valabil şi pentru următorul prag de pe lista mea. Acesta este Pragul 3, Pragul Replicatorului de Echipă, care pe unele planete este posibil să fi fost trecut înainte, sau în acelaşi timp, cu Pragul Fenotipic. La începuturi, replicatorii sunt probabil entităţi autonome care mişună împreună cu replicatorii rivali izolaţi în cursul superior al râului genetic. Dar pe pământ este o caracteristică a sistemului nostru modern de tehnologie informatică ADN/proteine ca o genă să nu poată funcţiona izolat. Lumea chimică în care o genă trebuie să funcţioneze nu este cea a mediului extern neajutat chimic. Sigur, acesta formează fundalul, dar este numai un cadru îndepărtat. Lumea chimică necesară în mod vital şi imediat, în care replicatorul ADN fiinţează, este mult mai mică, un sac mult mai concentrat de substanţe chimice – celula. Într-un fel, este greşit să-i spunem aşa, deoarece multe celule au o structură internă foarte complicată, cu membrane pliate pe care, în care şi între care se desfăşoară reacţiile chimice vitale. Microcosmosul chimic care este celula este ansamblat de către un consorţiu de sute – sute de mii în celulele evoluate – de gene. Fiecare genă îşi aduce o contribuţie la constituirea mediului înconjurător, pe care

apoi toate îl exploatează pentru a supravieţui. Genele lucrează în echipe. Am văzut acest lucru dintr-un unghi uşor diferit în capitolul I.

Cele mai simple sisteme autonome – de copiere – ADN de pe planeta noastră sunt celulele bacteriene, şi ele au nevoie de cel puţin câteva sute de gene pentru a sintetiza componentele necesare. Celulele care nu sunt bacterii sunt numite celule eucariote. Propriile noastre celule, şi cele ale tuturor animalelor, plantelor, ciupercilor şi protozoarelor, sunt celule eucariote. Ele posedă zeci sau sute de mii de gene, toate funcţionând ca o echipă. Aşa cum am văzut în capitolul II, pare probabil că însăşi celula eucariotă a început ca o echipă de jumătate de duzină, sau cam aşa ceva, de celule bacteriene care s-au asociat. Este o formă superioară de organizare a unei echipe şi nu despre aceasta intenţionez să vorbesc aici. Vorbesc despre faptul că toate genele funcţionează într-un mediu chimic realizat de un consorţiu de gene în celulă.

O dată ce am atins problema genelor care lucrează în echipă, este evident tentant să avansăm presupunerea că în zilele noastre selecţia darwinistă alege între echipele de gene rivale – să presupunem că selecţia a trecut la nivele mai înalte de organizare. Tentant, dar din punctul meu de vedere complet greşit. Mai clar, se poate spune că selecţia darwinistă încă alege între genele rivale, dar genele care sunt favorizate sunt acelea care prosperă *în prezenţa altor gene* care sunt simultan favorizate una de prezenţa celeilalte. Aceasta este o problemă pe care am întâlnit-o în capitolul I, unde am văzut că genele care împart aceeaşi ramificaţie a râului digital tind să devină „buni companioni”.

Probabil că următorul prag major care ar trebui trecut de o bombă a replicaţiei, atunci când a făcut acumulări importante, este Pragul Pluricelular, pe care-l vom numi Pragul 4. Aşa cum am văzut, în forma noastră de viaţă, orice celulă este un mic lac local de substanţe chimice în care se scaldă o echipă de gene. Deşi conţine întreaga echipă, el este realizat doar de o parte a acesteia. Acum,

celulele însele se multiplică prin scindarea în jumătate, fiecare dintre ele crescând din nou până la dimensiunea completă. Când se întâmpla acest lucru, toţi membrii echipei de gene sunt duplicaţi. Dacă două celule nu se separă integral ci rămân ataşate, se pot forma edificii mari, cu celulele jucând rolul unor cărămizi. Abilitatea de a forma edificii pluricelulare poate fi la fel de importantă şi în alte lumi ca şi în a noastră. După ce a fost depăşit Pragul Pluricelular, pot apărea fenotipuri ale căror forme şi funcţii sunt apreciate la o scară mult mai mare comparativ cu cea a unei singure celule. Un corn de cerb sau o frunză, cristalinul unui ochi sau cochilia unui melc – toate aceste forme sunt alcătuite din celule, dar celulele nu sunt versiuni miniaturale ale formei mari. Cu alte cuvinte, organele pluricelulare nu cresc la fel ca şi cristalele. Pe planeta noastră, cel puţin, ele cresc asemănător clădirilor, care, la urma urmei, nu reprezintă forma unor cărămizi supradimensionate. O mina are o formă caracteristică, dar ea nu este făcută din celule în formă de mână, aşa cum s-ar întâmpla dacă fenotipurile ar creşte asemănător cristalelor. Asemănător clădirilor, organele pluricelulare dobândesc formele şi mărimile lor caracteristice deoarece straturile de celule (cărămizi) se conformează unor instrucţiuni referitoare la momentul stopării creşterii. Celulele trebuie, de asemenea, într-un anumit fel, să ştie locul unde se aşază în raport cu celelalte celule. Celulele hepatice se comportă ca şi cum ar şti că sunt celule hepatice şi mai ştiu dacă aparţin lobului de la margine sau din mijloc. Cum fac asta e o problemă dificilă şi mult studiată. Răspunsurile sunt probabil specifice planetei noastre şi nu le voi analiza aici. M-am referit deja la ele în capitolul I. Indiferent de detaliile lor, metodele au fost perfecţionate prin intermediul aceluiaşi proces general, exact ca şi toate celelalte îmbunătăţiri din viaţă: supravieţuirea ne-întâmplătoare a genelor cu succes apreciate după efectele lor – în acest caz, efectele asupra comportării celulelor în raport cu celulele vecine.

Următorul prag major pe care vreau să-l menţionez,

deoarece presupun că are o semnificaţie mult mai mare decât una planetară locală, este Pragul Procesării Rapide a Informaţiilor. Pe planeta noastră, acest Prag 5 este îndeplinit de o clasă de celule speciale numite neuroni sau celule nervoase, şi am putea să-l numim, pe plan local, Pragul Sistemului Nervos. Cu toate că ar putea fi realizat numai pe o planetă, el este important deoarece, acum, acţiunile pot fi întreprinse la o scară a timpului mult mai rapidă decât aceea pe care genele, cu pârghiile lor chimice, o pot realiza direct. Prădătorii pot sări asupra cinei lor, şi victimele îşi pot salva vieţile folosindu-şi aparatele muscular şi nervos care acţionează şi reacţionează la viteze incomparabil mai mari decât vitezele origami-ului embriologic cu care genele asamblează aparatele în prima fază. Vitezele absolute şi timpii de reacţie pot fi foarte diferite pe alte planete, dar pe oricare altă planetă un prag important este trecut atunci când mecanismele construite de către replicatori încep să aibă timpi de reacţie al căror ordin de mărime este mai mic decât al maşinăriilor embriologice ale replicatorilor înşişi. Este mai puţin sigur dacă mecanismele se vor asemăna cu lucrurile pe care noi pe această planetă le numim neuroni sau celule musculare. Dar, pe acele planete unde a fost depăşit un prag echivalent cu cel al sistemului nervos, este posibil să apară consecinţe importante, suplimentare, iar bomba replicaţiei îşi va continua călătoria spre exterior.

Printre aceste consecinţe pot fi marile agregări de unităţi de prelucrare a datelor – „creiere” – capabile să proceseze modele complexe de date percepute prin „organe de simţ” şi capabile să stocheze înregistrările acestora în „memorie”. O consecinţă mai complicată şi misterioasă a depăşirii pragului celulei nervoase este realizarea conştiinţei, şi-l vom numi Pragul 6, Pragul Conştiinţei. Nu ştim cât de des a fost realizat pe planeta noastră. Unii filozofi consideră că este legat în mod fundamental de limbaj, care se pare că a fost realizat doar o singură dată de speciile bipede de maimuţe *Homo sapiens.* Indiferent dacă conştiinţa solicită sau nu limbajul, se recunoaşte

Pragul Limbajului, ca unul major, Pragul 7, care poate fi sau nu traversat pe o planetă. Detaliile limbajului, ca de exemplu dacă este transmis prin sunete sau alte medii fizice, trebuie considerate de importanţă locală.

Limbajul, din acest punct de vedere, este un sistem de lucru în reţea prin care creierele (aşa cum sunt numite pe această planetă) schimbă informaţii suficient de intim pentru a permite dezvoltarea unei tehnologii cooperative. Tehnologia cooperativă, începând cu dezvoltarea imitativă a uneltelor de piatră şi continuând prin epocile prelucrării metalelor, vehiculelor tractate, puterii aburului şi acum a electronicii, are multe din atributele unei explozii în sine, şi, prin urmare, începutul ei serveşte ca titlu, Pragului Tehnologiei Cooperative sau Pragul 8. Într-adevăr, cultura umană este posibil să fi hrănit o bombă replicativă nouă, originală, cu un nou fel de entitate autoreplicativă – „meme", cum am denumit-o în *The Selfish Gene* – care se înmulţeşte şi darwinizează într-un râu al culturii. Poate există o bombă meme, lansată acum, în paralel cu bomba genică, ce a stabilit mai devreme creierul/condiţiile culturale care au făcut posibilă lansarea. Dar acesta, din nou, este un subiect prea mare pentru capitolul de faţă. Trebuie să revin la tema principală a exploziei planetare şi să menţionez că, o dată ce a fost atinsă faza tehnologiei cooperative, este foarte probabil că undeva de-a lungul drumului să se fi realizat puterea care să aibă un impact în afara planetei de origine. Pragul 9, Pragul Radio, este trecut, şi acum devine posibil pentru observatorii externi să constate că un sistem solar a explodat de curând ca o bombă replicativă.

Prima bănuială pe care observatorii externi o vor avea, aşa cum am văzut, va fi probabil legată de existenţa undelor radio care se revarsă spre exterior ca produs secundar al comunicaţiilor din interiorul planetei noastre. Mai târziu, moştenitorii tehnologiei bombei replicative ar putea să-şi îndrepte în mod intenţionat atenţia în afară, spre stele. Primii noştri paşi şovăielnici în această direcţie au inclus trimiterea în spaţiu a unor mesaje special

elaborate pentru inteligenţe străine. Cum poţi concepe mesaje pentru inteligenţe despre a căror natură nu ai nici o idee? Evident, este dificil şi foarte posibil că eforturile noastre să fie greşit direcţionate.

Cea mai mare atenţie a fost acordată convingerii observatorilor străini că noi existăm, mai degrabă decât să le trimitem mesaje cu un conţinut substanţial. Această sarcină este similară celei cu care s-a confruntat ipoteticul profesor Crickson în capitolul I. El a transmis numerele prime în codul ADN, şi o metodă asemănătoare folosind undele radio ar fi un mod înţelept de a semnala prezenţa noastră altor lumi. Muzica poate părea o reclamă mai bună pentru specia umană şi, chiar dacă auditoriului îi lipsesc urechile, ar putea aprecia-o în felul lui propriu. Faimosul savant şi scriitor Lewis Thomas a sugerat să difuzăm Bach, numai Bach şi nimic altceva decât Bach, cu toate că s-a temut că ar putea fi interpretată ca o fanfaronadă. Totuşi şi muzică ar putea fi înţeleasă greşit de o minte străină, din cauza emisiilor ritmice a unui pulsar. Pulsarii sunt stele care produc pulsaţii ritmice ale undelor radio la intervale de câteva secunde sau mai puţin. Când au fost descoperiţi de un grup de radioastronomi din Cambridge în 1967, a existat o clipă de emoţie deoarece oamenii s-au întrebat dacă semnalele ar putea fi un mesaj din spaţiu. Dar s-a înţeles curând că o explicaţie mult mai acceptabilă era că o stea mică se rotea extrem de rapid generând în jur o rază de unde radio ca un far. Până acum, nici o informaţie autentificată din afara planetei noastre nu a fost recepţionată vreodată.

După undele radio, singurul pas mai departe pe care l-am imaginat către progresul spre exterior al propriei noastre explozii este călătoria în mod fizic prin spaţiu: Pragul 10, Pragul Călătoriei Spaţiale. Autorii de science-fiction au visat la proliferarea interstelară a coloniilor fiice umane sau a creaţiilor lor robotizate. Aceste colonii fiice ar putea fi privite ca însămânţări sau contaminări ale unor noi saci de informaţie autoreplicativă, saci care ulterior se pot dezvolta din nou exploziv, spre exterior, în bombe replicative satelit,

emiţând atât gene cât şi meme. Dacă această viziune se va împlini vreodată, probabil că nu este o îndrăzneală prea mare să ne imaginăm un viitor Cristopher Marlowe care se întoarce la metafora râului digital: „Priveşte, priveşte, departe pe boltă, firul vieţii curgând!”

Până acum, abia am făcut primul pas spre exterior. Am fost pe lună, dar oricât de magnifică este această realizare, luna, deşi nu este o tigvă, este atât de aproape, din punctul de vedere al străinilor cu care am putea eventual comunica, încât abia poate fi considerată o călătorie. Am trimis câteva capsule spaţiale, fără oameni la bord, în adâncurile cosmosului, într-o călătorie fără sfârşit. Una dintre ele duce cu sine un mesaj datorat imaginaţiei astronomului american Carl Sagan, destinat spre a fi descifrat de orice inteligenţă care ar putea să-l descopere întâmplător. Mesajul este completat cu un portret al speciei care l-a creat, imaginea nudurilor unui bărbat şi al unei femei.

Aceasta pare să ne aducă din nou, închizând cercul, la miturile ancestrale cu care am început. Dar acest cuplu nu este Adam şi Eva, iar mesajul gravat sub formele lor graţioase este un testament al exploziei vieţii noastre mult mai valoros decât orice stă scris în Geneză. Placa, printr-un limbaj iconic universal inteligibil, înregistrează propria geneză a celei de a treia planete a unei stele ale cărei coordonate în galaxie sunt menţionate cu precizie. Mesajul nostru de acreditare constă mai departe în câteva reprezentări iconice ale principiilor fundamentale ale chimiei şi matematicii. Dacă această capsulă va fi vreodată găsită de nişte fiinţe inteligente, ele vor credita civilizaţia care a produs-o cu ceva mai mult decât o superstiţie tribală primitivă. Dincolo de genunea spaţiului, ei vor şti că a existat cu mult timp în urmă, o altă explozie a vieţii, care a culminat cu o civilizaţie cu care ar fi meritat să stea de vorbă.

Din păcate, şansa acestei capsule de a trece la un parsec de altă bombă replicativă este extrem de mică. Unii comentatori cred că valoarea ei este de a da speranţe celor

de acasă. O statuie a unui bărbat gol şi a unei femei goale, cu mâinile ridicate într-un gest de pace, în mod deliberat trimişi într-o călătorie cosmică eternă, printre stele, primul fruct exportat al cunoaşterii exploziei propriei noastre vieţi – cu siguranţă contemplarea acestora ar putea avea unele efecte benefice asupra măruntei noastre conştiinţe provinciale; iată unele ecouri ale impactului poetic al statuii lui Newton de la Colegiul Trinity, din Cambridge, asupra uriaşei conştiinţe a lui William Wordsworth:

> Şi de pe perna mea, privind afară, luminat
> De lună sau de stele binevoitoare, putem zări
> Capelă-n care se-nălţa statuia lui Newton
> Cu liniştită faţă şi drepte linii,
> Simbol în marmură al unei minţi
> Călătorind de-a pururi pe straniile mări
> ale Gândirii, solitar.

BIBLIOGRAFIE ŞI LECTURI SUPLIMENTARE

Cu puţine excepţii, am preferat să limitez această listă la cărţi uşor accesibile, evitând să mă refer la lucrări tehnice care pot fi găsite numai în bibliotecile universităţilor.

Bodmer, Walter, and Robin McKie, *The Book of Man: The Human Genome Project and the Quest to Discover Our Genetic Heritage* (New York: Scribners, 1995).

Bonner, John Tyler, *Life Cycles: Reflections of Evolutionary Biologist* (Princeton: Princeton University Press, 1993).

Cain, Arthur J., *Animal Species and Their Evolution* (New York: Harper Torchbooks, 1960).

Cairns-Smith, A. Graham, *Seven Clues to the Origin of Life* (Cambridge: Cambridge University Press, 1985).

Cherfas, Jeremy, and John Gribbin, *The Redundant Male: Is Sex Irrelevant în the Modern World?* (New York: Pantheon, 1984).

Clarke, Arthur C., *Profiles of the Future: An Inquiry into the Limits of the Possible* (New York: Holt, Rinehart & Winston, 1984).

Crick, Francis, *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery* (New York: Basic Books, 1988).

Cronin, Helena, *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today* (New York: Cambridge University Press, 1991).

Darwin, Charles, *The Origin of Species* (New York: Penguin, 1985).

—, *The Various Contrivances by Which Orchids are Fertilised by Insects* (London: John Murray, 1882).

Dawkins, Richard, *The Extended Phenotype* (New York: Oxford University Press, 1989).

—, *The Blind Watchmaker* (New York: W. W. Norton, 1986).

—, *The Selfish Gene,* new ed. (New York: Oxford University Press, 1989).

Dennett, Daniel C., *Darwin's Dangerous Idea* (New York: Simon & Schuster, 1995).
Drexler, K. Eric, *Engines of Creation* (Garden City, N.Y.: Anchor Press/Doubleday, 1986).
Durant, John R., ed. *Human Origins* (Oxford: Oxford University Press, 1989).
Fabre, Jean-Henri, *Insects,* David Black, ed. (New York: Scribners, 1979).
Fisher, Ronald A., *The Genetical Theory of Natural Selection,* 2d. rev. ed. (New York: Dover, 1958).
Frisch, Karl von, *The Dance Language and Orientation of Bees,* Leigh E. Chadwick, trans. (Cambridge: Harvard University Press, 1967).
Gould, James L., and Carol G. Gould, *The Honey Bee* (New York: Scientific American library, 1988).
Gould, Stephen J., *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History* (New York: W. W. Norton, 1989).
Gribbin, John, and Jeremy Cherfas, *The Monkey Puzzle: Reshaping the Evolutionary Tree* (New York: Pantheon, 1982).
Hein, Piet, with Jens Arup, *Grooks* (Garden City, N.Y.: Doubleday, 1969).
Hippel, Arndt von, *Human Evolutionary Biology* (Anchorage: Stone Age Press, 1994).
Humphrey, Nicholas K., *Consciousness Regained* (Oxford: Oxford University Press, 1983).
Jones, Steve, Robert Martin and David Pilbeam, eds., *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution* (New York: Cambridge University Press, 1992).
Kingdon, Jonathan, *Self-made Man: Human Evolution from Eden to Extinction?* (New York: Wiley, 1993).
Macdonald, Ken C, and Bruce P. Luyendyk, „The Crest of the East Pacific Rise, „ *Scientific American,* May 1981, pp. 100-l16.
Manning, Aubrey, and Marian S. Dawkins, *An Introduction to Animal Behaviour,* 4th ed. (New York: Cambridge University Press, 1992).
Margulis, Lynn, and Dorion Sagan, *Microcosmos: Four*

Billion Years of Microbial Evolution (New York: Simon & Schuster, 1986).
Maynard Smith, John, *The Theory of Evolution* (Cambridge: Cambridge University Press, 1993).
Meeuse, Bastiaan, and Sean Morris, *The Sex Life of Plants* (London: Faber & Faber, 1984).
Monod, Jacques, *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology,* Austryn Wainhouse, trans. (New York: Knopf, 1971).
Nesse, Randolph, and George C. Williams, *Why We Get Sick: The New Theory of Darwinian Medicine* (New York: Random House, 1995).
Nilsson, Daniel E., and Susanne Pelger, „A Pessimistic Estimate of the Time Required for an Eye to Evolve", *Proceedings of the Royal Society of London, B* (1994).
Owen, Denis, *Camouflage and Mimicry* (Chicago: University of Chicago Press, 1982).
Pinker, Steven, *The Language Instinct: The New Science of Language and the Mind* (New York: Morrow, 1994).
Ridley, Mark, *Evolution* (Boston: Blackwell Scientific, 1993).
Ridley, Matt, *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature* (New York: Macmillan, 1994).
Sagan, Carl, *Cosmos* (New York: Random House, 1980).
—, and Ann Druyan, *Shadows of Forgotten Ancestors* (New York: Random House, 1992).
Tinbergen, Niko, *The Herring Gull's World* (New York: Harper & Row, 1960).
—, *Curious Naturalists* (London: Penguin, 1974).
Trivers, Robert, *Social Evolution* (Menlo Park, Calif.: Benjamin-Cummings, 1985).
Watson, James D., *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA* (New York: Atheneum, 1968).
Weiner, Jonathan, *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time* (New York: Knopf, 1994).
Wickler, Wolfgang, *Mimicry în Plants and Animals,* R. D. Martin, trans. (New York: McGraw-Hill, 1968).
Williams, George C., *Natural Selection: Domains, Levels,*

and Challenges (New York: Oxford University Press, 1992).
Wilson, Edward O., *The Diversity of Life* (Cambridge: Harvard University Press, 1992).
Wolpert, Lewis, *The Triumph of the Embryo* (New York: Oxford University Press, 1992).